



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**MENCIÓN: ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**TÍTULO:**

**“INFLUENCIA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS  
CONTAMINADAS CON DRENAJES ÁCIDOS  
PROVENIENTES DE RELAVES MINEROS EN LA  
CALIDAD DE LOS CULTIVOS AGROINDUSTRIALES EN  
LA PROVINCIA DE NASCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERIA  
MECANICA Y ELECTRICA**

**MENCION EN ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**AUTOR:**

**AGURTO RODRIGUEZ, Malena Janet**

**ASESOR:**

**Dra. Rosa Emilia García García**

**ICA – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Gracias al Divino Creador por la  
sabiduría e inteligencia otorgada  
en cada momento de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por brindarme su comprensión y apoyo moral, e incondicional para la culminación de mis estudios de Maestría y en la culminación de mi trabajo, a mi Asesora la Dra. Rosa Emilia García García por brindarme su apoyo y consejos para así poder culminar mi trabajo de tesis.

## INDICE

CARATULA .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE .....	iv
RESUMEN .....	vii
SUMMARY .....	ix
CONTRACARATULA .....	x
INTRODUCCIÓN .....	xi
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
1.1. Antecedentes del problema de investigación.....	13
1.1.1. Antecedentes internacionales .....	13
1.1.2. Antecedentes nacionales .....	14
1.1.3. Antecedentes locales .....	17
1.2. Bases Teóricas de la Investigación.....	18
1.2.1. Relaves .....	19
1.2.2. Drenaje Acido (ARD) de Relaves .....	25
1.2.3. Cultivos agroindustriales .....	27
1.3. Marco conceptual.....	31
<b>CAPITULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION....</b>	<b>34</b>
2.1. Situación Problemática .....	34
2.2. Formulación del problema.....	35
2.2.1. Problema general.....	35

2.2.2. Problemas específicos .....	35
2.3. Delimitación del problema.....	36
2.4. Justificación e importancia de la investigación.....	37
2.4.1. Justificación de la investigación .....	37
2.4.1. Importancia de la investigación .....	37
2.5. Objetivos de la investigación.....	38
2.5.1. Objetivo General .....	38
2.5.2. Objetivos específicos .....	38
2.6. Hipótesis de la investigación.....	38
2.6.1. Hipótesis general.....	38
2.6.2. Hipótesis específicas.....	38
2.7. Variable de la investigación .....	38
2.7.1. Identificación de la investigación .....	38
2.7.2. Operacionalización de las variables .....	39
<b>CAPITULO III ESTRATEGIA METODOLOGICA. ....</b>	<b>40</b>
3.1. Tipo, nivel y diseño de la Investigación.....	40
3.1.1. Tipo de investigación.....	40
3.1.2. Nivel de estudio.....	40
3.1.3. Diseño del estudio.....	40
3.2. Población y muestra .....	40
3.2.1. Población .....	40
3.2.2. Muestra. ....	40
<b>CAPITULO IV TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION .....</b>	<b>42</b>
4.1. Técnicas de recolección de información .....	42

4.2. Instrumentos de recolección de información.....	42
4.3. Técnicas de procesamiento de datos, análisis e interpretación de resultados .....	42
<b>CAPITULO V CONSTRATACION DE LA HIPOTESIS.....</b>	<b>43</b>
5.1. Formulación de la Hipótesis Estadística .....	43
5.1.1. Hipótesis Nula .....	43
5.1.2. Hipótesis Alterna .....	43
<b>CAPITULO VI PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
6.1. Presentación e interpretación de resultados .....	46
6.2. Discusión de resultados .....	53
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>FUENTES DE INFORMACION .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>
Anexo 1: Métodos de análisis de contaminantes del agua subterránea.....	62
Anexo 2: Matriz de Consistencia .....	76



## RESUMEN

Objetivo determinar la influencia de la aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros en la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca. Material y método el tipo de investigación fue aplicada; el nivel de estudio fue explicativa; el diseño del estudio fue es experimental. Resultado la temperatura del agua en el sector PA-1 es de 25.5°C y en PB-2 fue de 25.5°C las más altas y en PB-1 24 °C y PB-1 23.5°C; el potencial de hidrogeno del agua en el PA-3 fue de 7.5 y en PB-3 fue de 7.4 los más altos y en el PB-1 fue de 7.2y en el PB-1 fue de 7.1; donde el agua alcanza un nivel de oxígeno en el PA-2 fue de 4.9 y en PB-1 fue de 4.9 los más altos y en el PB-1 fue de 4.9 y en el PA-3 fue de 4.7 y PB-2 de 4.6; el nivel de conductibilidad eléctrica en el agua en el PA-3 fue de 174.6 y en PB-3 fue de 174.5 los más altos y en el PA-1 fue de 174.4 y en el PB-1 fue de 174.4; el nivel de antimonio disuelto en el agua en el PA-3 fue de 17.1 y en PB-1 fue de 17.2 los más altos y en el PA-3 fue de 16.3 y en el PB-3 fue de 16.4; el mercurio en el agua disuelto tiene un nivel en el PA-1 donde es de 0.002 y en PB-1,2, y 3 fue de 0.002 los más altos y en el PA-1 y 2 fue de 0.001. Conclusión las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos los cuales afectan la calidad del cultivo que provienen de los relaves mineros en las agroindustriales en la provincia de Nasca.

**Palabras Claves:** *Aguas subterráneas, drenajes ácidos, relaves mineros, calidad, cultivos agroindustriales.*

## SUMMARY

Objective to determine the influence of contaminated groundwater with acid drainage from mine tailings on the quality of agro industrial crops in the province of Nasca. Material and method the type of research was applied; the level of study was explanatory; the design of the study was experimental. Result the water temperature in the sector PA-1 is 25.5°C and in PB-2 it was 25.5°C the highest and in PB-1 24°C and PB-1 23.5°C; the hydrogen potential of the water in PA-3 was 7.5 and in PB-3 it was 7.4 the highest and in PB-1 it was 7.2 and in PB-1 it was 7.1; the level of dissolved oxygen in the water in PA-2 was 4.9 and in PB-1 it was 4.9 the highest and in PB-1 it was 4.9 and in PA-3 it was 4.7 and PB-2 4.6; the electrical conductivity level in the water in PA-3 was 174.6 and in PB-3 it was 174.5 highest and in PA-1 it was 174.4 and in PB-1 it was 174.4; the level of antimony dissolved in the water in PA-3 was 17.1 and in PB-1 it was 17.2 the highest and in PA-3 it was 16.3 and in PB-3 it was 16.4; the level of mercury dissolved in water in PA-1 was 0.002 and in PB-1,2, and 3 was 0.002 the highest and in PA-1 and 2 it was 0.001. Conclusion Groundwater contaminated with acid drainage from mining tailings significantly influences the quality of agro industrial crops in the province of Nasca.

**Key Words:** *Groundwater, acid drainage, mining tailings, quality, agro industrial crops.*

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**MENCIÓN: ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**TITULO:**

**“INFLUENCIA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS  
CONTAMINADAS CON DRENAJES ÁCIDOS PROVENIENTES  
DE RELAVES MINEROS EN LA CALIDAD DE LOS CULTIVOS  
AGROINDUSTRIALES EN LA PROVINCIA DE NASCA”**

**LINEA DE INVESTIGACION**

**CIENCIAS NATURALES, INGENIERIA Y TECNOLOGIAS SOSTENIBLES**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERIA**

**MECANICA Y ELECTRICA**

**MENCIÓN: ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**AUTORA:**

**AGURTO RODRIGUEZ MALENA JANET**

**ASESORA:**

**Dra. ROSA EMILIA GARCÍA GARCÍA**

## INTRODUCCIÓN

A pesar de los muchos esfuerzos realizados por los gobiernos desde la década de 1970, muchos países han experimentado retrasos en la expansión de los servicios de agua y saneamiento en cantidad y calidad suficientes, especialmente en las comunidades suburbanas y rurales. Lo más importante es que en los países de América Latina existen grandes diferencias en la forma en que se toma el agua (Jiménez, 2009). Aún preexiste gran porción de la población situada en la periferia y alrededores de la ciudad, que obtiene el agua mediante camiones cisternas, tanques de agua de bajo costos y fuentes. No es seguro cerca, espera, todo esto no es confiable para la calidad del agua (Jiménez, 2009), Sin mencionar que la población rural tiene un alto riesgo de contaminación debido a problemas de eutrofización u otros tipos de contaminación aumentados debido a la falta de drenaje.

Resulta importante destacar que los recursos naturales existentes en los ecosistemas son el sustento de la vida y que el agua garantiza los servicios de los ecosistemas, al tiempo que el "hombre" es el principal "usuario" de bienes (y los servicios) que aquéllos brindan. Asimismo se puede examinar los flujos de las aguas dentro del medio físico (atmósfera, superficies, subsuelos, biomasas), los ciclos de la "sociedad del agua" también considera cómo los actores sociales manipulan, utilizan y concentran el agua, y cómo obtener la forma de luchar por el agua es a través de proyectos de conservación de agua, legislación, sistemas, prácticas, significado simbólico y otros factores, el control

del agua y el mecanismo de exclusión y adquisición expresado en las instituciones ([Larsimont and Grosso, 2014](#)).

La cuestión principal de los problemas que enfrenta la sociedad relacionados con el agua requiere respuestas globales: los problemas son globales y la integración de sus múltiples aspectos es la solución ([Pacheco-Vega, 2017](#)).

En el presente estudio se establecerá la relación existente entre los relaves sulfurosos, depositados en diferentes lugares de la provincia de Nasca y la contaminación de los suelos agrícolas ya sea por el agua contaminada o por la deposición sobre el suelo húmedo de las partículas finas de sulfuros que el aire arrastra hasta los campos de cultivo.

## **CAPITULO II:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. Antecedentes**

La revisión de la bibliografía especializada, nos ha sido necesaria para formular la parte teórica del presente estudio. Entre los libros e investigaciones que se han revisado, podemos citar las siguientes

##### **1.1.1. Antecedentes Internacionales**

Guerrero and Pineda, (2016), Este estudio concluyó que la minería del carbón afecta el riesgo del suelo. En dos estudios realizados por China y los principales países productores de carbón, el riesgo de contaminación física y química del suelo rodea las minas de carbón subterráneas. Por lo tanto, en el norte de Bangladesh adyacente a áreas de producción minera y agrícola, se encontró que la acumulación de manganeso, zinc y plomo en el suelo alcanzó niveles tóxicos, (Guerrero and Pineda, 2016), El índice de acumulación geológica continua es:  $I_{geo} Mn = (1.24 \pm 0.38)$ ,  $I_{geo} Zn = (1.49 \text{ ppm} \pm 0.58)$  e  $I_{geo} Pb = (1.63 \text{ ppm} \pm 0.38)$ , [24], cabe señalar que estos valores Corresponden al índice de acumulación en la tierra  $[I_{geo}] = \log_2 (C_n / 1.5B_n)$ ,

donde  $C_n$  es la concentración actual del elemento y  $B_n$  es la concentración probada antes del establecimiento de actividades humanas en un ambiente no contaminado.

[Diaz Alvarez, \(2013\)](#), Este estudio concluyó que el análisis de las aguas de la Mina Cascabel en el área de Marmato mostró la presencia de metales como aluminio, arsénico, cadmio, manganeso, mercurio y zinc, los cuales excedieron los límites permitidos. Establecido por el Ministerio de Ambiente y Sustentabilidad, en base a los niveles de pH, metales y sulfatos encontrados, en cierta cantidad de contaminantes, estas aguas son liberadas a las aguas de cascabel, y se puede concluir que Cascada La mina está generando contaminantes al medio ambiente, al suelo y al agua. Aun sin estar en funcionamiento, esta mina presenta un riesgo elevado de contaminación ya que sus aguas no han sido tratadas antes de realizar el vertimiento.

#### **1.1.2. Antecedentes Nacionales**

[Corzo Remigio, \(2015\)](#), La conclusión de este estudio es que a partir del análisis microscópico se puede apreciar que existen minerales de azufre en los relaves de Milotingo ubicados en los tramos superiores del río Aluri; de igual manera, mediante espectroscopía atómica y análisis químico de fluorescencia de rayos X, los relaves contienen una gran cantidad de hierro (pirita). Cuando el azufre se expone al aire y al agua, la pirita es el



principal productor de drenaje ácido, por lo que estos relaves producirán agua ácida, liberando metales y metaloides a las aguas del alto río Aluri, porque los relaves están en nuestro país. El lugar por donde pasa el cuerpo. Al evaluar la calidad del agua del río Rimak y del río Aruli, se encontró que el río Aruli contribuía con algunos elementos tóxicos al río Rimak. A partir de un muestreo exploratorio, se encontró que el contenido de Cd, Fe, Mn y Zn cerca de los relaves fue mayor, pero disminuyó en el río abajo. Todas estas sustancias son aportadas al río Rímac, no obstante, As mostró un procedimiento incomparable y el río Aruri no favorece con estos componentes al río Rímac, ([Corzo Remigio, 2015](#)).

[De La Cruz Orihuela and Montalvan Mendoza, \(2014\)](#), en esta investigación concluyen los drenajes de la Mina Pampamali S.A., no contribuirán positivamente, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla-Huancavelica, se han establecido seis (06) puntos de monitoreo, siendo dos efluentes líquidos con la finalidad de reducir y controlar la acción de los agentes contaminantes. El pH resultante es conforme en las (06) muestras que cumplen con los Niveles Máximos permisibles (> a 6 y < que 9); asimismo la cantidad total de solidos totales disueltos (TOS), sedimento total suspendido (TSS), redox y conductividad eléctrica, cumplen con los valores de calidad establecidos en la

Ley General de Aguas, Clase 111, ([De La Cruz Orihuela and Montalvan Mendoza, 2014](#)).

[Li, \(2013\)](#), En este estudio, al analizar la situación actual y el estado del medio ambiente del Perú, se puede apreciar que el problema del drenaje ácido de minas (DAM) está muy presente en la realidad de la minería peruana, ya sea la responsabilidad ambiental que dejaron las antiguas minas. o en la industria minera moderna. El consumo de agua es moderado, la tasa de tratamiento de residuos contaminados es alta y se trata adecuadamente bajo las nuevas y mejoradas regulaciones ambientales. Por lo tanto, es muy necesario tener un método preciso y una predicción confiable de ácidos agua. Entre las muestras recolectadas de minas en el centro de Perú, los minerales más comunes que producen drenaje ácido son: pirita (sulfuro de hierro,  $\text{FeS}_2$ ), calcopirita (sulfuro de cobre y hierro,  $\text{CuFeS}_2$ ), pirrotita (sulfuro de hierro,  $\text{Fe}(1-x)\text{S}$ ), galena (sulfuro de plomo,  $\text{PbS}$ ), esfalerita (sulfuro de zinc,  $\text{ZnS}$ ) y tetraedro (cobre, hierro, plata y antimonio sulfonado de zinc;  $(\text{Cu}, \text{Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ ), ([Li, 2013](#)) luego se procede a la neutralización de los principales minerales donde genera agua ácida este es la calcita (carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ ), dolomita (carbonatos de calcio y magnesios,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), siderita (carbonatos de fierros,  $\text{FeCO}_3$ ) y ankerita (carbonatos de fierros y magnesios,  $\text{CaFe}^{2+}(\text{CO}_3)_2$ ).

Farfán, (2004), en esta investigación se describe las diferentes vías de contaminación del medio ambiente en el Departamento de Madre de Dios, por causa de la minería formal e informal y que está poniendo en grave situación el ecosistema, en el estudio se demuestra como en una región tan densa de vegetación y con una humedad de suelo relativamente alta, los desechos líquidos resultantes de las actividades mineras, no solo contaminan las aguas superficiales, sino también los acuíferos subterráneos, que en esa zona están a muy pocos metros de la superficie, según los reportes dados en el estudio, el mayor contaminante es el cianuro.

### **1.1.3. Antecedentes Locales**

Espino, (2006), estudia los efectos contaminantes de los relaves abandonados hace mucho tiempo en territorio nasqueño, sin ningún tipo de estudio de impacto ambiental para el abandono, estos relaves que contienen diversos compuestos químicos y cierta humedad, están según el autor en continua formación de drenajes ácidos que migran hacia el interior de la superficie terrestre, es decir hacia las capas del subsuelo donde se almacena el agua subterránea contaminándola irremediablemente y de forma irreversible, sustenta su estudio con datos de laboratorio en los que se hace una retrospectiva histórica de cómo ha ido evolucionando la composición del agua desde hace dos década atrás, y se hace una proyección de cual sería la contaminación de ésta en el futuro.

## 1.2. Bases teóricas de la investigación

Hoy en día, en el plan de desarrollo, la contribución directa de la minería al logro de ciertos objetivos es mayor que otros objetivos, entre ellos, la minería juega un papel importante en: creación de divisas, ahorro de capacidad de generación de energía, desarrollo industrial, aporte material, regional estímulo al desarrollo, generación de empleo, distribución de ingresos e independencia económica, por sus características, la industria minera promueve el desarrollo descentralizado mediante la promoción de proyectos de infraestructura, la provisión de servicios de vivienda, salud y educación, y en muchos casos la creación de empleo en zonas subdesarrolladas ([Dammert, 1981](#)).

Por otro lado, las actividades mineras también tienen un impacto negativo en el medio ambiente. Uno de los principales efectos de la minería de metales y carbón es el drenaje ácido de minas (DMAE), estas altas concentraciones de elementos son perjudiciales para las actividades biológica, contaminan los cursos de las aguas y consiguen llegar a producir perjuicios a las estructuras edificadas por los hombres ([Medina Quispe, 2018](#)).

Se considera que los impactos potenciales generados con el drenaje ácido de minas son unos de los mayores problemas ambientales enfrentados hoy por la manufactura minera, el no monitorear, cosechar y versar correctamente el AMD puede llevar a la envenenamiento de las aguas subterráneas y de las aguas superficiales resultando en un riesgo para la

injuria biológica significativa en el escena receptor ([Villas-Bôas and Gonzalez-Martinez, 2006](#)).

### **1.2.1. Problemática de las aguas de mina**

La minería es una de las actividades de manejo de agua más complejas, ya que se utiliza para operaciones de gran volumen, mientras que la minería genera grandes cantidades de agua principalmente por infiltración de agua contaminada. Como resultado de cualquier proyecto minero, los acuíferos y la escorrentía superficial deben considerar los medios necesarios para controlar y drenar el agua del área de trabajo mediante bombas y un sistema de drenaje adecuado. Tomar medidas para prevenir la contaminación durante la minería y eliminarla más tarde. ([Aduvire, 2006](#)).

### **1.2.2. Relaves**

#### **Características Físicas.**

Hay tres excepciones principales que dan como resultado condiciones más uniformes: Primero, cuando los espesantes aumentan los sólidos de la masa en más del 50%, la separación por tamaño tiende a disminuir. Tamaño de partícula. Distancia desde el punto de liberación. El segundo es para residuos que se trituran a un tamaño muy fino y tienen un contenido mínimo de arena desde el principio. Como se mencionó anteriormente, los residuos de cianuro de oro y plata entran en esta categoría

(Lefebvre and Dastous, 1991). En tales casos, la playa se estrecha hasta 30-50 metros, los depósitos restantes consisten en varillas más o menos homogéneas, y en este último caso se usa un ciclón para separar y quitar la arena de la cola. Los concentradores se utilizan en la construcción de presas y el relleno de minas subterráneas, funcionan según el principio de centrifugación y mueven el lodo de alimentación residual a vertederos de desbordamiento (la arena es más fina que 0,074 mm) y otros. Cuando el ciclón se realiza de forma continua y sin interrupción por la descarga de colas no cicloneizadas, el estómago (“salida” o desbordamiento) descargado en los depósitos de colas está compuesto principalmente por lasas homogéneas. El relave a granel es una sustancia producida en un concentrador antes de la descarga, y las distribuciones de tamaño a menudo muestran la separación más reflexiva durante la deposición, los ciclones y la molienda. El tamaño total de las partículas residuales se determina generalmente moliendo en un concentrador, optimizado para una máxima recuperación de metal. Desde una perspectiva más amplia, esto puede ser contraproducente para los residuos que no tienen propiedades adecuadas para la sedimentación. Por ejemplo, el tamaño de molienda necesario para aumentar la recuperación solo en un 2-3% puede aumentar el tamaño de los residuos en un 10-15 puntos porcentuales. El aumento en el valor de los metales está

más que compensado por aumentos en el costo del equipo, el mantenimiento, los consumibles y la energía necesarios para moler a un tamaño más fino, así como la disponibilidad y recuperación. Arena ciclónica, que puede ayudar a rellenar el lodo subterráneo más fino bájalo. Como material de trabajo o de bajo coste para la construcción de barreras fotoeléctricas. Particularmente para las minas subterráneas de Perú, la trituración no solo se basa en la recuperación óptima de metales, sino también en una combinación óptima de métodos de extracción de sedimentos y factores de recuperación de minerales de desecho.

### **Características Químicas**

Muchos depósitos de minerales polimetálicos tienen un alto contenido de sulfuros en Perú, y las diferencias en la densidad de los granos minerales individuales pueden afectar la distribución de diferentes metales, incluida la pirita, dependiendo de la proporción de otros tamaños de relaves. Los sulfuros con partículas más pesadas se separan preferentemente de las sustancias agresivas. Esto permite que los gránulos se traten con el espesante de modo que el sulfuro sea invadido por partículas mucho más finas. Esto tiende a concentrar minerales pesados como Banyoungsuk y Pirita en los granos finos de relevas. (Villachica and Parra, 1980), Los sulfuros con partículas más pesadas se separan preferentemente de las sustancias agresivas. Esto permite que

los gránulos se traten con el espesante de modo que el sulfuro sea invadido por partículas mucho más finas. Esto tiende a concentrar minerales pesados como Banyoungsuk y Pirita en los granos finos de relaves. El efecto de tamaño de Ica de las concentraciones de metales sólidos en los sedimentos de relaves y las propiedades estructurales relacionadas con el tamaño de grano, como la permeabilidad y la retención de agua a largo plazo, también se generan e inducen con la movilidad de todos los metales que pueden tener un efecto preferencial. Migración de productos de oxidación de sulfuros. Otra consecuencia de estos efectos del tamaño de las partículas es su efecto sobre el contenido metálico de los sólidos ultrafinos que pueden mantenerse en suspensión en el agua de proceso de relaves.

### **Efluentes Líquidos**

Estas concentraciones se reducen más fácilmente aumentando el tiempo de retención del depósito como se describe para este propósito y haciendo recircular el agua de proceso al concentrador para evitar que el agua se drene completamente del depósito. Por otro lado, los floculantes (macromoléculas sintéticas), los coagulantes (Fe, Al y sales) y los reactivos químicos reguladores del pH (cal) pueden ayudar a reducir las partículas en el aire. Se puede utilizar como medio de filtro de arena de cola ciclónica, y también se ha propuesto la filtración con filtro de arena como una forma de reducir las partículas ultrafinas



en el aire. Inicie el concentrador con una muestra de residuos almacenados en agua durante un periodo o meses. Dado que estas pruebas se realizan en muchas muestras de mineral utilizadas en pruebas metalúrgicas, es difícil determinar qué tan bien indican el porcentaje de mineralización total. Las otras variables son el pH y la exposición atmosférica, por lo que es difícil reproducir perfectamente las condiciones reales de la prueba. Durante la operación del concentrador, el pH generalmente se mantiene entre 8 y 11. Esto reduce la solubilidad de muchos metales. Sin embargo, a largo plazo, el pH del agua del tanque es casi neutro. Finalmente, las pruebas con muestras de prueba en plantas piloto generalmente no incluyen las concentraciones de nitrato en los explosivos actualmente presentes en las operaciones mineras. Estos factores pueden plantear preguntas importantes sobre las predicciones de la calidad del flujo a corto y largo plazo, ya que los ácidos lixivian altos niveles de electrólisis que causan pirita, como el arsénico, así como los componentes disueltos de la pirita más altos que otros sulfuros, plomo y zinc. La molienda y trituración atmosférica provocan la oxidación para producir flujos que contienen metales fundidos similares a los que se enumeran a continuación, pertenecientes a las cuatro operaciones en Perú. Comparando las corrientes de aguas residuales, se puede ver que el tiempo de residencia de las aguas residuales reduce significativamente el

nivel y el pH del metal fundido. Por otro lado, el efluente del concentrado de la misma operación contiene concentraciones mucho más altas de metales disueltos además de reactivos orgánicos y otras sustancias que allí se acumulan, como las sales de dicromato.

Este experimento destaca claramente la importancia de recircular todos los procesos de agua hasta el concentrador de sedimentos de mineral para evitar niveles altos de pH y la liberación de metales fundidos, incluido el cobre. a menudo se requiere. Espesantes intermedios de relaves, ([Villachica, Llamosas, and Riva, 1993](#)), Sin embargo, se puede obtener una calidad de agua apta para el procesamiento de minerales frescos utilizando relaves como reservorio regulador. Obviamente, el agua debe tratarse por separado de la deshidratación concentrada. Cuando la descarga directa del drenaje de los residuos al agua del sorgo sea requerida por factores climáticos, topográficos y de balance hídrico, los límites máximos permisibles establecidos por el Departamento de Energía y Minería determinan la demanda de drenaje. Existen métodos para eliminar aniones como cloruro, sulfato, nitrato, etc., pero esto no se puede hacer en la mayoría de las situaciones mineras costosas. Sin embargo, existen posibles tratamientos para eliminar el arsénico. Estos están siendo revisados por, ([Twidwell, Plessas, and Bowler, 1994](#)) y descritos mediante el tratamiento del mineral de cola con cobre

precipitado con hierro (Krause, 1992) y (Domville and Henry, 1992). El presente estudio sobre la técnica de eliminación de selenio es descrito por, (Altringer, Lien, and Gardner, 1991).

### **1.2.3. Drenaje ácido de mina (AMD)**

Las aguas residuales ácidas de las minas (AMD) son el resultado de la oxidación de ciertos sulfuros minerales (pirita, pirotina, marcasita, etc.) cuando se exponen al oxígeno en el aire y el agua (Aduvire, 2006). AMD puede ocurrir durante la minería cuando las partes que contienen minerales reactivos, roca estéril o sulfuro entran en contacto. Cuando estos sulfuros reactivos se exponen al oxígeno y al agua, se pueden formar ácidos (Villas-Bôas and Gonzalez-Martinez, 2006). Además del bajo pH, AMD también contiene una gran cantidad de sólidos en suspensión que contienen cientos de sulfatos y metales (Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Pb, Hg, Cd, Ni). Miligramos / litro, (Medina Quispe, 2018).

Las reacciones de oxidación fisicoquímica que producen aguas residuales ácidas pueden acelerarse luego por la actividad biológica asociada a las bacterias y reacciones químicas y biológicas, lo que puede producirse para aumentar la conversión de contaminante en más ácidos. El agua ácida (principalmente metales pesados) de las aguas residuales en solución puede contener grandes cantidades de metales y sulfatos, además de

otros componentes que pueden ser arrastrados por ácidos (Villas-Bôas and Gonzalez-Martinez, 2006).

En lo que respecta al desarrollo mineral, la consecuencia directa de las actividades mineras es el uso geográfico de materiales para el medio ambiente al crear algunos elementos que antes no estaban disponibles o eran mucho más limitados. Sin embargo, cabe señalar que muchos depósitos minerales, en particular minerales de sulfuro, son una fuente importante de contaminación del medio ambiente natural (Aduvire, 2006).

#### **1.2.4. Drenaje Acido (ARD) de Relaves**

Cuando ocurren estos problemas, el agua de la mina y todos los desechos de la mina, incluidos los vertederos y los vertederos, se ven afectados, y las estrategias de gestión de RAD para estos tipos de desechos se ven afectadas. Esto no se puede considerar individualmente. Sin embargo, una buena comprensión del manejo de relaves requiere cierto conocimiento de temas relacionados con ARD, y esta sección proporciona una introducción muy breve. De hecho, no se puede iniciar un plan de manejo de desechos hasta que haya señales mínimas de que un problema de ERA puede estar presente o no. Una vez que se inicia el proceso, es casi imposible detenerlo por completo y la acidificación puede continuar durante siglos. Minado por los romanos en la región de Rio Tinto de España, Suecia tenía

cadáveres activos que se mineralizaron poco después de los vikingos hace más de 1.000 años. Las ERA pueden ser las más dañinas para los problemas ambientales relacionados con la gestión de residuos, difíciles de tratar y pueden no ser evidentes durante años después del cierre. El potencial de ARD depende más del cuerpo mineralizado individual y de las condiciones físicas y climáticas que cualquier otro problema. No existen reglas generales para predecir sedimentos sin la ayuda de pruebas geoquímicas. Sin embargo, existen varios requisitos para que esto suceda, y aunque la información geológica sobre los minerales a menudo se puede determinar cualitativamente, otra posible indicación es. El mineral metálico emitido consiste principalmente en minerales de silicato o carbonato con un peso específico (Gs) de 2.65 a 2.85, pero no se han recuperado al menos pequeñas cantidades de metales y hierro durante el proceso de extracción. Incluye. Para minerales con bajo contenido de sulfuro, la gravedad es 2.8-2.9. En contraste, los residuos con alto contenido de sulfuro a menudo exceden significativamente este rango y tienen densidades específicas a menudo superiores a 3,5 (p. Ej., Residuos polimetálicos peruanos que normalmente contienen entre un 10 y un 60% de pirita). Los resultados generales de estas pruebas requieren más atención que el tratamiento con ácido convencional de la prueba de relaves descrita anteriormente. Debido a las propiedades de la mayoría de los cuerpos minerales,

la mineralización y la geoquímica de las rocas varían considerablemente en tipo y alcance, incluso en distancias muy cortas. Un programa de pruebas ARD rigurosamente ejecutado requiere un programa de muestreo estadísticamente representativo para el núcleo de la sonda, que puede ser difícil, costoso y lento si no se integra con el programa de exploración de lípidos del cuerpo. La prueba también debe reflejar el plan minero actual que se está desarrollando. Por lo general, ciertas partes del mineral extraído pueden causar una condición de DRA mucho más desfavorable que otras, y estos programas piloto proporcionan una gestión selectiva de los residuos resultantes. Pueden proporcionar cambios en la secuencia de extracción para minimizar los problemas. Gestión de residuos. Sin embargo, incluso los programas más complejos tienen sus limitaciones. En general, según la tecnología disponible, puede predecir cualitativa y razonablemente si los dispositivos abandonados pueden experimentar problemas de DRA. Sin embargo, es difícil e incierto predecir cuantitativamente la gravedad, la gravedad y la duración de tales problemas. Estos principios son importantes para comprender los aspectos RAD de los métodos alternativos de tratamiento de residuos que se describen a continuación. Otro factor importante que influye en estos métodos es la ubicación geográfica.

### **1.2.5. Recuperar el suelo y su fertilidad a través de una agricultura sostenible**

[Fließbach et al., \(2007\)](#), la agricultura ecológica puede incrementar y mantener la fertilidad del terreno, siendo este uno de los pilares fundamentales para que la agricultura constituya una actividad sostenible y el suelo se mantenga como recurso renovable, la fertilización del suelo en agricultura ecológica se hace mediante distintas prácticas, como los abonos verdes, la incorporación de estiércoles y materia orgánica o la utilización de compost. La incorporación de materia orgánica al suelo favorece su estructura, imprescindible para una óptima retención de agua y para que los nutrientes estén disponibles para los cultivos; evita la compactación de las tierras; favorece el desarrollo de los microorganismos edáficos, que asegurarán una correcta descomposición de los aportes de materia orgánica y un ambiente sano, equilibrado y nutritivo para las raíces; y además, supone una considerable fijación de carbono en los suelos, contribuyendo en la mitigación del Cambio Climático, por ejemplo, un estudio sobre suelos agrícolas manejados en ecológico muestra como éstos fijan de la atmósfera entre 733 y 3.000 Kg de CO<sub>2</sub> por hectárea y año ([Fließbach et al., 2007](#)). Las emisiones de CO<sub>2</sub> por hectárea de los sistemas de agricultura ecológica es del 48 al 66 % menor que las de los sistemas agrícolas industriales ([Stolze et al., 2000](#)).

### 1.2.6. El gasto energético es significativamente mayor en la agricultura industrial que en la agricultura ecológica

En la agricultura industrializada moderna el balance de energía obtenida y energía consumida está cada vez más descompensado: para obtener una caloría de energía de los alimentos en manejo industrial se requieren cerca de 8-10 calorías de energía; en caso de producciones de hortalizas en invernadero fuera de temporada el balance puede llegar a 575 calorías invertidas por cada caloría extraída (ver tabla), de GEI, además de otros graves impactos ambientales, como un fuerte consumo de aguas, las contaminaciones de los ríos y de los acuíferos, la erosión y compactación de los suelos o los usos masivos de los pesticidas, herbicidas y transgénico utilizado en la fabricación de los granos para los ganados (Steinfeld et al., 2007).

**Tabla 1.**

#### **Rendimiento energético de la agricultura**

---

Se muestra el ratio de energía invertida en el cultivo frente a la energía extraída expresando ambas en calorías.

---

- ✓ Agriculturas intensivamente tradicionales chinas: 50:1
  - ✓ Agriculturas habituales cerealistas castellanas: 20:1
  - ✓ Agriculturas industriales españolas actuales: 0'8:1
  - ✓ Sistema agroalimentario EE UU, tomado en conjunto: 1:10
  - ✓ Cultivo de verduras de invernadero durante el invierno: 1:575
- 

*Fuente: (Area Agroecología, 2011)*



### 1.3. Marco conceptual

- 1.3.1. Abandono.** Etapas del ciclo minero en las que la producción disminuye gradualmente, preparación del plan de cierre de la mina, recuperación de equipos mineros, disposición de activos y excedentes, cierre y restauración de perforaciones, escuela de reducción de carga ambiental por paralización de actividades de prevención y contención, ([Ministerio de Minas y Energía, 2003, pag. 4](#)).
- 1.3.2. Agua Subterránea:** El agua subterránea es agua subterránea y ocupa un área de saturación ([Ministerio de Mina y Energías, 2003, pag. 7](#)).
- 1.3.3. Contaminante:** Cualquier alteración física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos; descarga artificial de sustancias o energía en una concentración tal que produce efectos perjudiciales sobre el medio, incluido el hombre ([Ministerio de Minas y Energía, 2003, pag. 13](#)).
- 1.3.4. Cultivo Agroindustrial:** Los cultivos que no son específicamente para productos alimenticios tales como: (cultivos de frutas, hortalizas y cereales), sino son cultivados para producir un producto útil para el hombre o para los procesos industriales, como las fibras, aceites, productos químicos, resinas, energía, ceras o tintes ([USDA-IICA, 2020](#)).

- 1.3.5. **Desecho de la Minería: Hay dos tipos.** a) Excluye el proceso de explotación de minas y canteras Explotación de canteras y preparación para explotación de canteras Explotación y desinfección Suelo extraído de la mina en preparación para minería y extracción Operaciones mineras Extracción de minerales y otras sustancias Proceso de separación.
- 1.3.6. **Drenajes los ácidos de las minas:** Un DAM es un agua de pH bajo, enriquecida en sulfatos y con grandes concentraciones de acidez, la acidez de los DAM es producida por oxidación e hidrólisis de minerales de sulfuros y está representada por acidez mineral (hierro, aluminio, manganeso y otros metales, que depende de la geología del depósito) y acidez del ion hidrógeno ([Ministerio de Minas y Energía, 2003, pag. 53](#)).
- 1.3.7. **Relaves.** Una vez que se han recuperado los minerales preciosos del estiércol, los desechos de las fábricas, las fluctuaciones de los precios de los metales preciosos y las mejoras tecnológicas a veces pueden aportar valor económico a releve y luego reciclarse, ([Southern Corpper, 2015](#)).
- 1.3.8. **Residuos.** Producido durante la extracción, recuperación, transformación, producción, consumo, uso, control o manipulación de sustancias, objetos o sustancias no productivas que puedan ser gases, líquidos o sustancias sólidas cuya calidad lo haga. O puede representar valor económico para un tercero reciclable. O

sustancias que se pueden reutilizar, ([Ministerio de Minas y Energía, 2003, pag. 139](#)).

**1.3.9. Metales Pesados:** Los metales pesados se liberan de una variedad de fuentes, de metales en el suelo que se han acumulado durante la formación de las capas de la tierra. Asimismo, se sabe que son partes humanas utilizadas en diversos procesos industriales ([Rodríguez Heredia, 2017](#)).

## **CAPITULO II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **2.1. Delimitación del problema a estudiar**

Una de las principales causas de la contaminación ambiental es la minería irresponsable, especialmente la minería. Esto crea serios problemas ecológicos si todos los residuos se utilizan de manera inadecuada sin cumplir con las leyes y regulaciones y sin control ambiental.

Durante décadas, los equipos de minería y enriquecimiento instalados en el Valle de Nasca tenían colas adyacentes a las plantas, a pesar de que se eliminaron los químicos utilizados en el proceso. El agua líquida y de lluvia ingresa al suelo y consiguen los acuíferos, intoxicando las aguas subterráneas.

El conjunto de líquidos que se forman en las relaveras (presas, que sirven de almacén de los residuos sólidos de los procesos de concentración de los minerales), cuando no existe una capa impermeable bajo las toneladas de desechos, se infiltra hacia el subsuelo, disolviendo en su recorrido una serie de otras sustancias, entre las que figuran sales de metales pesados y la formación de ácido sulfúrico, que al mezclarse con

el agua subterránea aumentan su acidez y la vuelven prácticamente no apta para el consumo humano y para el regadío. Por otro lado el polvo fino de la superficie de la relavera es arrastrado por el aire y llevado a los campos de cultivo donde con la humedad generan ácido sulfúrico, disminuyendo el pH de estos y malogrando los cultivos, los mismos que después de algún tiempo debido a la contaminación van disminuyendo en calidad y en cantidad, alejándose de los parámetros exigidos por las normas, afectando enormemente a los cultivos de agroexportación.

Frente a todo lo dicho, consideramos que el método de almacenamiento de los relaves sulfurosos, tienen una gran influencia en la formación de los drenajes ácidos y en la contaminación de los suelos agrícolas y es lo que precisamente se quiere demostrar en la presente investigación.

## **2.2. Formulación del problema**

### **2.2.1. Problema general**

¿En qué medida las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros influyen en la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca?

## **2.2.2. Problemas específicos**

**P.E.1:** ¿Cuál es el nivel de peligrosidad de las sustancias tóxicas que contaminan la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca?

**P.E.2:** ¿En qué medida las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros proporcionan especificaciones óptimas en los cultivos agroindustriales con contenido de metales pesados en la provincia de Nasca?

## **2.2.3. Delimitación del problema**

- **Delimitación temporal:** abarco al año 2017
- **Delimitación social:** Comprendió la población de Pajonal Alto y Pajonal Bajo
- **Delimitación teórica:** abarco el estudio de los relaves mineros

## **2.3. Justificación e Importancia de la Investigación**

La importancia de este estudio es que estudios detallados pueden demostrar el mecanismo de formación de escape de ácido en depósitos de azufre. Por lo tanto, se pueden tomar medidas concretas para prevenir la contaminación del suelo y las aguas subterráneas. Dado que las aguas residuales ácidas son una de las principales causas de la contaminación de las aguas subterráneas y que Nasca es la única agua que necesita para satisfacer las necesidades de las personas y los cultivos, se necesita

más investigación aquí. Como resultado, con o sin acción para resolver este problema, los efectos nocivos de la lixiviación ácida pueden mitigarse y la salud de las personas y la calidad de los cultivos pueden protegerse. Desde un punto de vista académico, este estudio es importante para dilucidar el mecanismo de formación y crecimiento del drenaje ácido que puede neutralizarse desde un punto de vista químico y evitar daños irreversibles en los Ecosistemas.

## **2.4. Objetivos de la investigación**

### **2.4.1. Objetivo General**

Determinar que las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros influyen en la mejora de la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca.

### **2.4.2. Objetivos específicos**

**O.E.1:** Determinar el nivel de peligrosidad de las sustancias tóxicas que contaminan la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca.

**O.E.2:** Verificar que las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros proporcionan especificaciones óptimas en los cultivos agroindustriales con contenido de metales pesados en la provincia de Nasca

## **2.5. Hipótesis de la investigación**

### **2.5.1. Hipótesis general**

Las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros influyen en la mejora de la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca.

### **2.5.2. Hipótesis específicas**

**H.E.1:** El nivel de peligrosidad de las sustancias tóxicas que contaminan la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca

**H.E.2:** Las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros proporcionan especificaciones óptimas en los cultivos agroindustriales con contenido de metales pesados en la provincia de Nasca.

## **2.6. Variable de la investigación**

### **2.6.1. Identificación de la investigación**

**Variable independiente.**

Aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros.



**Definición conceptual:** Son las aguas subterráneas a las cuales llegan los contaminantes que arrastran los drenajes ácidos mineros.

**Variable dependiente.**

Calidad de los cultivos agroindustriales

**Definición conceptual:** La calidad de los cultivos agroindustriales proporciona especificaciones óptimas en los cultivos agroindustriales con contenido de metales pesados

### 2.6.2. Operacionalización de las Variables

Variables	Dimensiones
<b>VI:</b> Aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros	<b>D<sub>1,1</sub>:</b> Nivel de peligrosidad de las sustancias tóxicas
<b>VI:</b> Calidad de los cultivos agroindustriales	<b>D<sub>2,1</sub>:</b> Contenido de Metales Pesados

## **CAPITULO III**

### **ESTRATEGIA METODOLOGICA**

#### **3.1. Tipo, nivel y diseño de la Investigación**

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

La investigación desarrollada es de tipo aplicada.

##### **3.1.2. Nivel de estudio**

La presente investigación explicativa.

##### **3.1.3. Diseño del estudio**

El diseño de la investigación es experimental

#### **3.2. Población y muestra**

##### **3.2.1. Población**

La población de la presente investigación estará conformada por la provincia de Nasca

##### **3.2.2. Muestra.**

La muestra de la presente investigación está conformada por el sector de Pajonal Alto y Pajonal bajo, del distrito de Vista Alegre,

Provincia de Nazca, región Ica, donde se cosechan cultivos agroindustriales como la alcachofa y el ají pprika.

## **CAPITULO IV**

### **TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION**

#### **4.1. Técnicas de Recolección de la Información**

La técnica a emplearse para la recolección de información será: la toma de muestras de suelos y agua del poblado del sector de Pajonal Alto y Pajonal bajo, del distrito de Vista Alegre, Provincia de Nasca, Región Ica, a fin de realizar los respectivos análisis para cuantificar la cantidad de contaminantes procedentes de los drenajes ácidos, tales como metales pesados y cianuros.

#### **4.2. Instrumentos de Recolección de la Información**

El instrumento de recolección de datos será el análisis químico. El análisis químico y fisicoquímico, se desarrollará de acuerdo con los métodos establecidos por INDECOPI, tanto para el agua y suelos.

#### **4.3. Técnicas de análisis e interpretación de los datos**

Se emplearán las siguientes:

- Distribución de frecuencias absolutas y relativas.
- Representaciones gráficas.
- Medidas de tendencia central y dispersión.

## **CAPITULO V**

### **CONSTRATACION DE LA HIPOTESIS**

#### **5.1. Formulación de la Hipótesis Estadística**

##### **5.1.1. Hipótesis Nula**

La aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros no influyen en la mejora de la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca.

##### **5.1.2. Hipótesis Alterna**

La aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros si influyen en la mejora de la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca

Para realizar la prueba de hipótesis, se ha fijado

**Nivel de significación:**  $\alpha = 0,05$

**Grados de libertad**  $(12-1) (6-1) = 55$

**Cálculo del estadístico de prueba:**

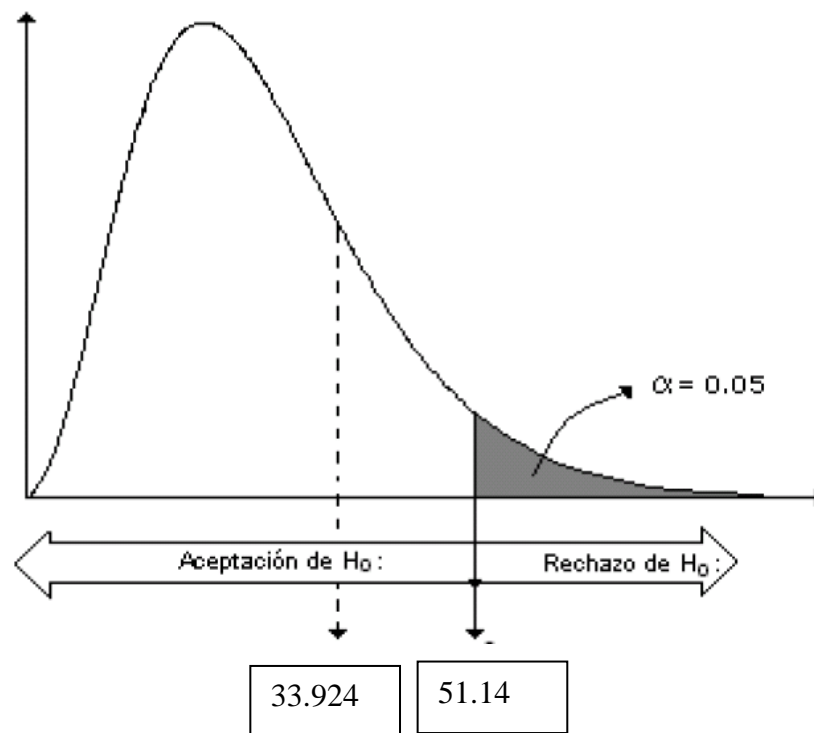
Obteniendo el valor de **33.924** según la tabla del Chi Cuadrado.

### Cálculo del estadístico de las frecuencias observadas ( $f_o$ ):

Obteniendo el valor de 51.84 según el Chi Cuadrado.

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} = 51.84$$

Construcción de las áreas de aceptación y rechazo



En la gráfica se aprecia los valores de la región de aceptación que es **33.924** de acuerdo a la tabla del Chi-Cuadrado y el de la región de rechazo cuyo valor obtenido es de **51.14**

### Toma de Decisión.

En la siguiente tabla señala el rechazo de la hipótesis nula y donde acepta la hipótesis alternativa: *El agua subterránea contaminada con los*

*drenajes ácidos provenientes de relaves mineros si influyen directamente en la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca.*

## CAPITULO VI

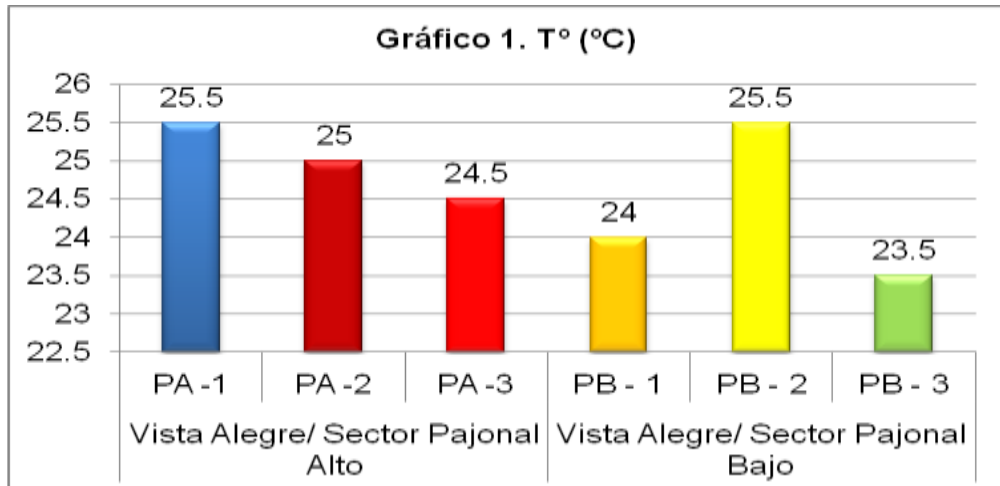
### PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1. Presentación e interpretación de resultados de las aguas subterránea contaminada con el drenaje ácido proveniente de relaves mineros y la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca

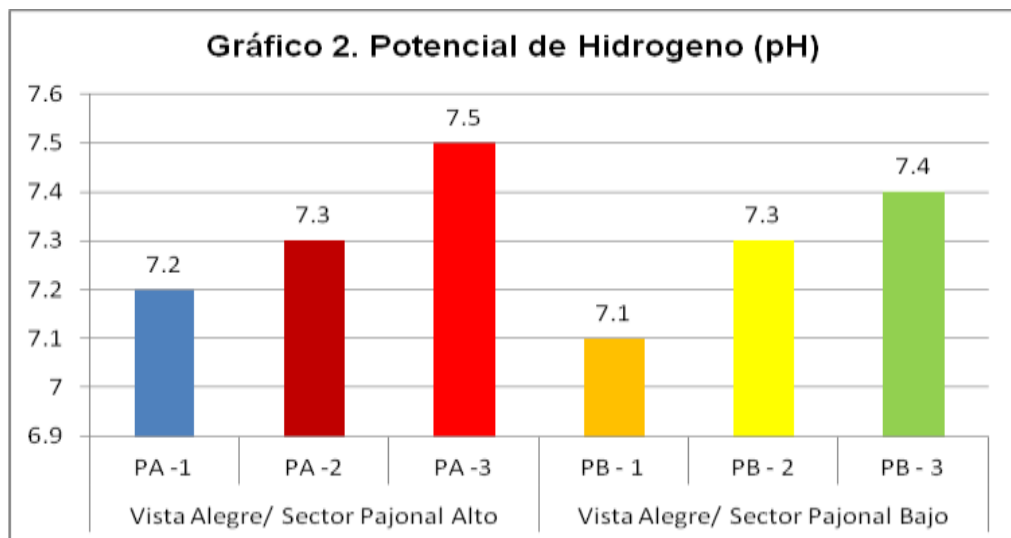
**Tabla 2.**  
**Parámetros Analizados**

Provincia / Nazca	Centro Poblado	T <sup>a</sup> (°C)	pH	OD	CE(uS/cm)
Vista Alegre/ Sector Pajonal Alto	PA -1	25.5	7.2	4.8	174.4
	PA -2	25.0	7.3	4.9	174.5
	PA -3	24.5	7.5	4.7	174.6
Vista Alegre/ Sector Pajonal Bajo	PB - 1	24.0	7.1	4.9	174.4
	PB - 2	25.5	7.3	4.6	174.5
	PB - 3	23.5	7.4	4.7	174.6

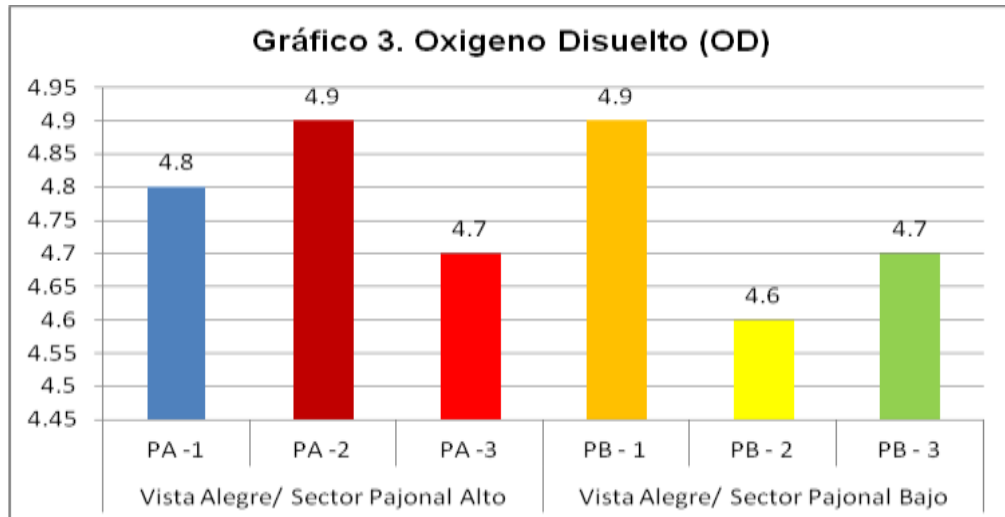




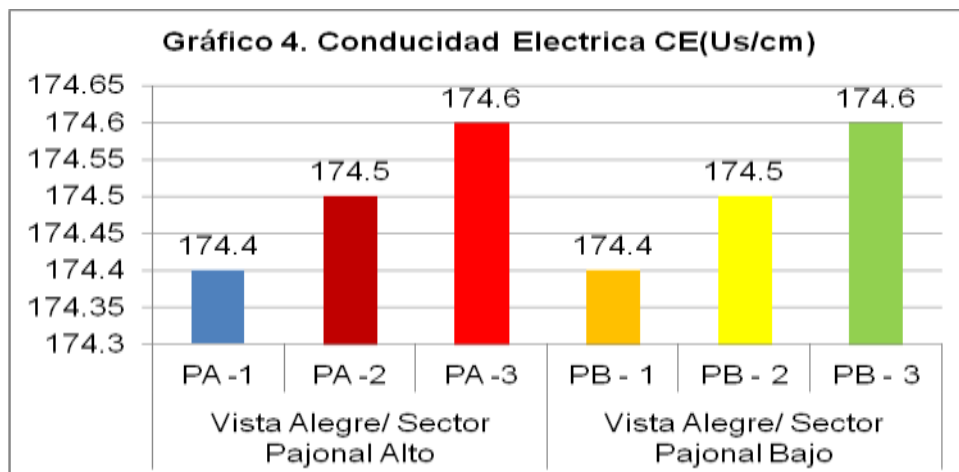
Presentación e interpretación en el Gráfico 1, en referencia a la T (°C), se aprecia el análisis de la temperatura del agua en el sector PA-1 es de 25.5°C y en PB-2 fue de 25.5°C las más altas y en PB-1 24 °C y PB-1 23.5°C.



Presentación e interpretación en el gráfico 2, se aprecia el potencial de hidrogeno del agua en el PA-3 fue de 7.5 y en PB-3 fue de 7.4 los más altos y en el PB-1 fue de 7.2y en el PB-1 fue de 7.1.



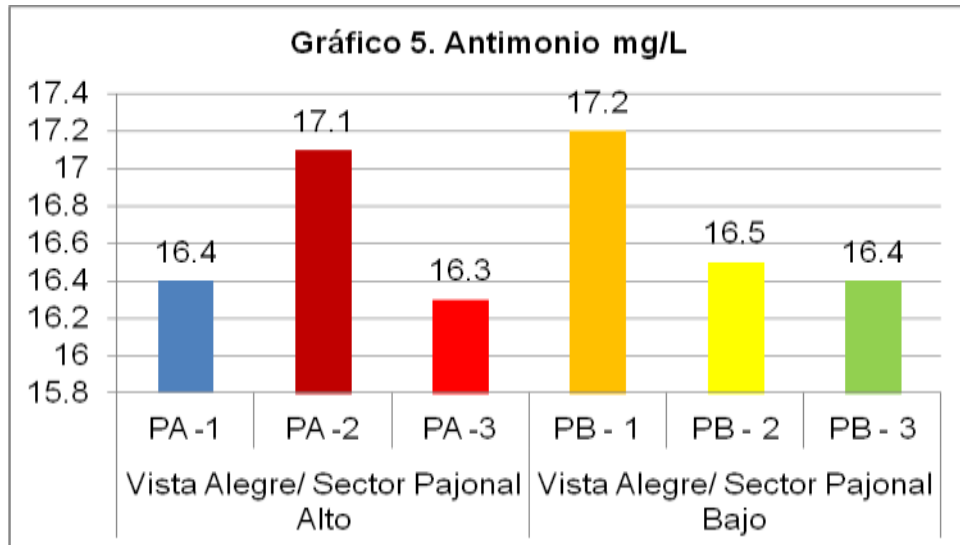
Presentación e interpretación en el gráfico 3, se aprecia el nivel de oxígeno disuelto en el agua en el PA-2 fue de 4.9 y en PB-1 fue de 4.9 los más altos y en el PB-1 fue de 4.9 y en el PA-3 fue de 4.7 y PB-2 de 4.6.



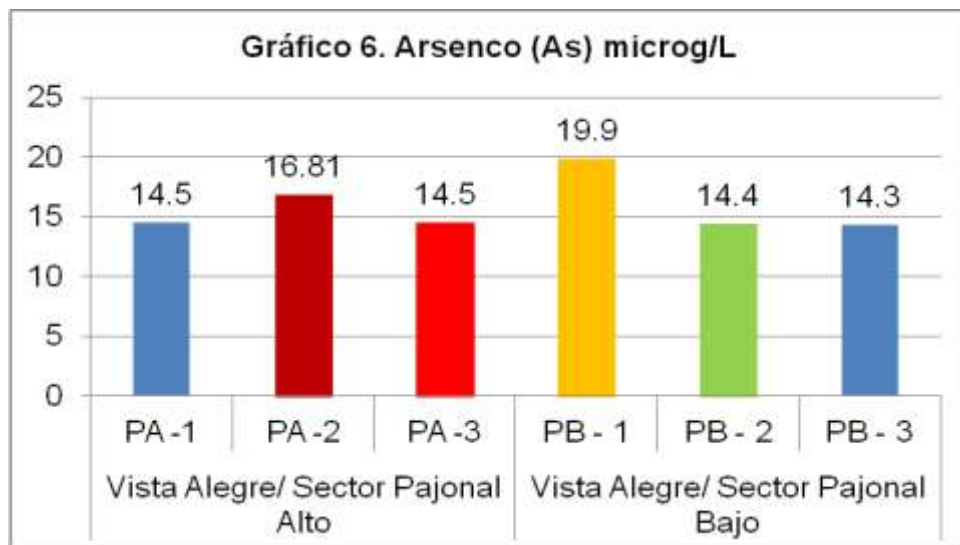
Presentación e interpretación en el gráfico 4, se aprecia el nivel de conductibilidad eléctrica en el agua en el PA-3 fue de 174.6 y en PB-3 fue de 174.5 los más altos y en el PA-1 fue de 174.4 y en el PB-1 fue de 174.4.

**Tabla 3.****Análisis de Metales Pesados**

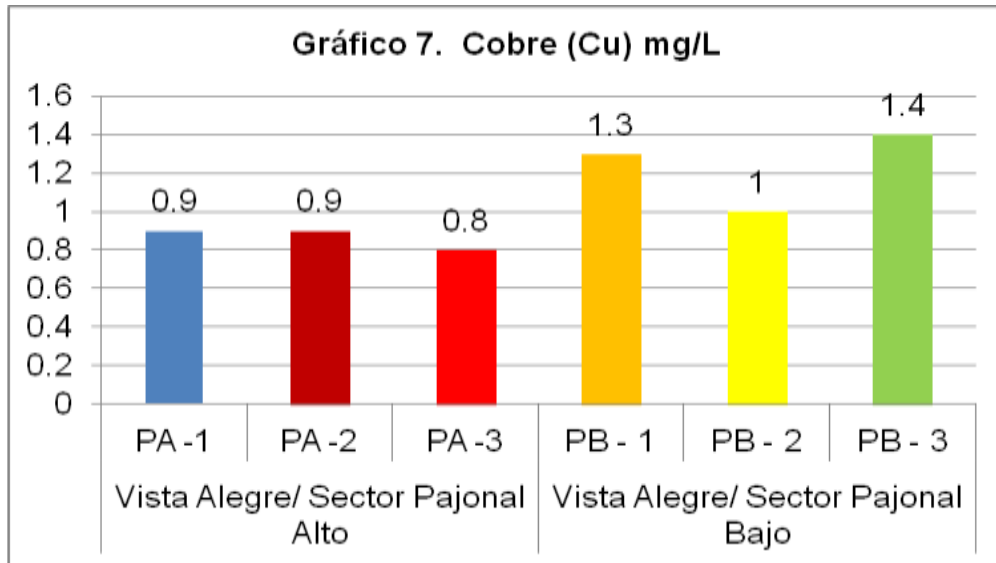
Provincia / Nazca	Centro Poblado	Arsénico							
		Antimonio mg/L	(As) microg/L	Cobre(Cu) mg/L	Cianuro (CN-) mg/L	Cloruro (Cl) mg/L	Hierro (Fel) mg/L	Mercurio (Hg) mg/L	Plomo (Pb) mg/L
Vista Alegre/	PA -1	16.4	14.5	0.9	315.5	285	0.866	0.002	0.1
Sector Pajonal	PA -2	17.1	16.81	0.9	471.2	258	1.142	0.001	0.08
Alto	PA -3	16.3	14.5	0.8	362.7	265	0.933	0.001	0.11
Vista Alegre/	PB - 1	17.2	19.9	1.3	470.2	260	1.3	0.002	0.1
Sector Pajonal	PB - 2	16.5	14.4	1	450.2	265	0.848	0.002	0.09
Bajo	PB - 3	16.4	14.3	1.4	341.6	271	0.465	0.002	0.08



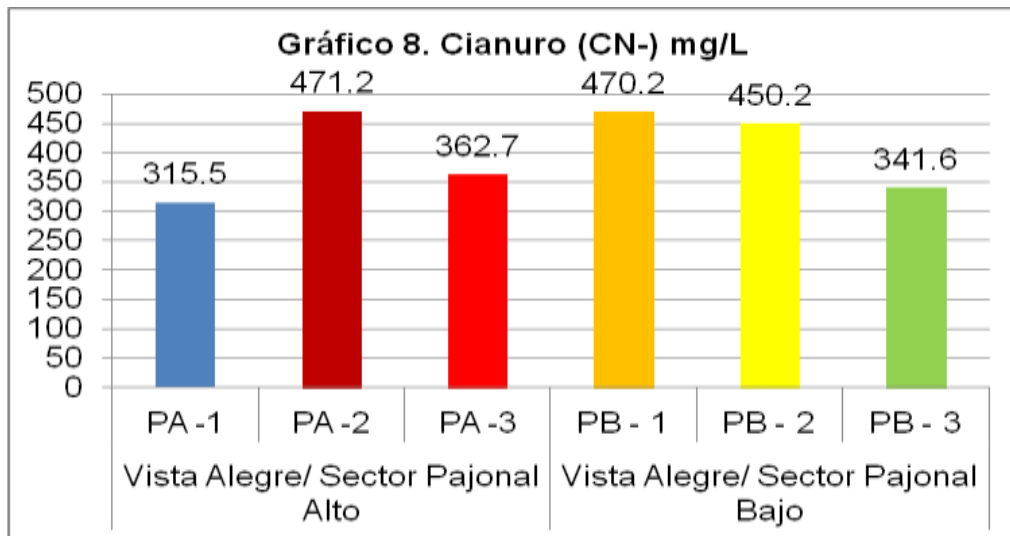
Presentación e interpretación en el gráfico 5, se aprecia el nivel de antimonio disuelto en el agua en el PA-3 fue de 17.1 y en PB-1 fue de 17.2 los mas altos y en el PA-3 fue de 16.3 y en el PB-3 fue de 16.4



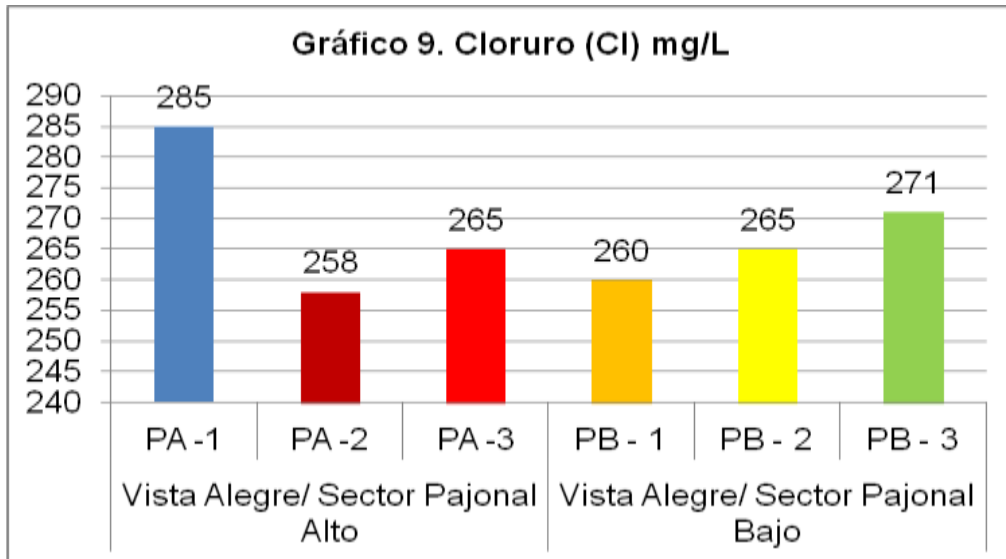
Presentación e interpretación en el gráfico 6, se aprecia el nivel de arsénico disuelto en el agua en el PA-2 fue de 16.81 y en PB-1 fue de 19.9 los más altos y en el PA-1 y 2 fue de 14.5 y en el PB-3 fue de 14.3.



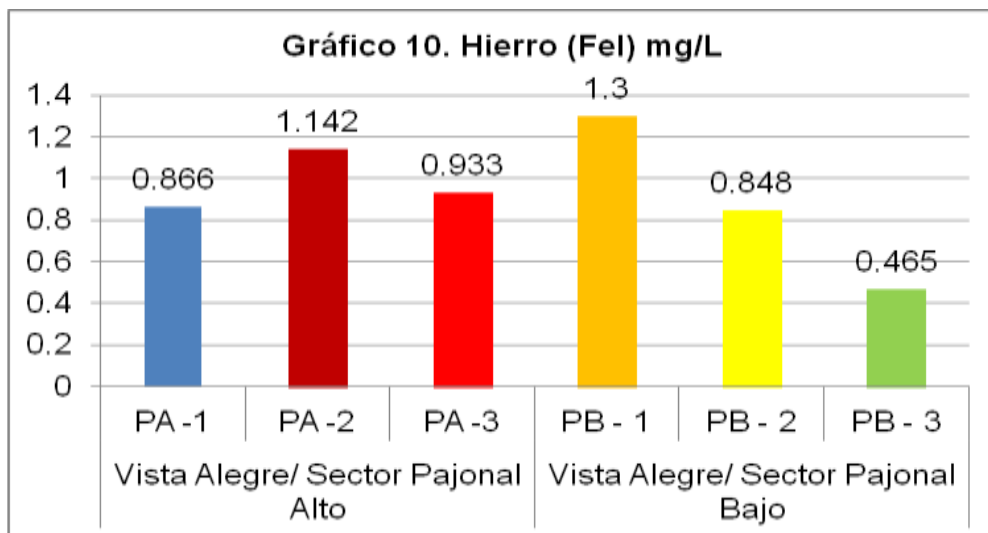
Presentación e interpretación en el gráfico 7, se aprecia el nivel de arsénico disuelto en el agua en el PA-1 y 2 fue de 0.9 y en PB-3 fue de 1.4 los más altos y en el PA-3 fue de 0.8 y en el PB-2 fue de 1.



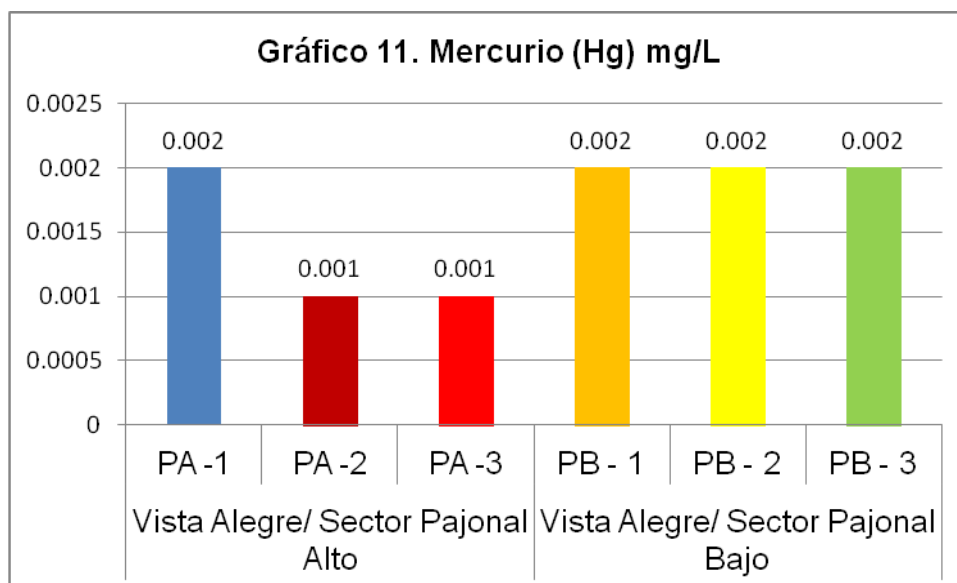
Presentación e interpretación en el gráfico 8, se aprecia el nivel de cianuro disuelto en el agua en el PA-2 fue de 471.2 y en PB-3 fue de 470.2 los más altos y en el PA-1 fue de 315.5 y en el PB-3 fue de 341.6.



Presentación e interpretación en el gráfico 9, se aprecia el nivel de cloruro disuelto en el agua en el PA-1 fue de 285 y en PB-3 fue de 271 los más altos y en el PA-2 fue de 258 y en el PB-1 fue de 260.



Presentación e interpretación en el gráfico 10, se aprecia el nivel de hierro disuelto en el agua en el PA-2 fue de 1.142 y en PB-1 fue de 1.3 los más altos y en el PA-1 fue de 0.866 y en el PB-3 fue de 0.465.



Presentación e interpretación en el gráfico 11, se aprecia el nivel de mercurio disuelto en el agua en el PA-1 fue de 0.002 y en PB-1,2, y 3 fue de 0.002 los más altos y en el PA-1 y 2 fue de 0.001.

## **6.2. Discusión de resultados de las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros y la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca**

Del resultado que se obtuvo sobre el trabajo realizado en la cual el objetivo fue determinar la influencia de la aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros en la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca, llegamos a las siguientes resultados finales: el análisis de la temperatura del agua en el sector PA-1 es de 25.5°C y en PB-2 fue de 25.5°C las más altas y en PB-1 24 °C y PB -3 23.5°C; el potencial de hidrogeno del agua en el PA-3 fue de 7.5 y en PB-3 fue de 7.4 los más altos y en el PA-1 fue

de 7.2 y en el PB-1 fue de 7.1; el nivel de oxígeno disuelto en el agua en el PA-2 fue de 4.9 y en PB-1 fue de 4.9 los más altos y en el PA-3 fue de 4.7 y PB-2 de 4.6; el nivel de conductibilidad eléctrica en el agua en el PA-3 fue de 174.6 y en PB-3 fue de 174.5 los más altos y en el PA-1 fue de 174.4 y en el PB-1 fue de 174.4; el nivel de antimonio disuelto en el agua en el PA-2 fue de 17.1 y en PB-1 fue de 17.2 los más altos y en el PA-3 fue de 16.3 y en el PB-3 fue de 16.4; el nivel de arsénico disuelto en el agua en el PA-2 fue de 16.81 y en PB-1 fue de 19.9 los más altos y en el PA-1 y 3 fue de 14.5 y en el PB-3 fue de 14.3; el nivel de hierro disuelto en el agua en el PA-2 fue de 1.142 y en PB-1 fue de 1.3 los más altos y en el PA-1 fue de 0.866 y en el PB-3 fue de 0.465; el nivel de mercurio disuelto en el agua en el PA-1 fue de 0.002 y en PB-1, 2, y 3 fue de 0.002 los más altos y en el PA-1 y 2 fue de 0.001. Los resultados obtenidos son consistentes con los de Corzo en 2015, y se concluyó que el análisis microscópico mostró la presencia de minerales de azufre en los Relaves Millotingo ubicados aguas arriba del río Aruri. De igual forma, mediante espectroscopia atómica y análisis químico de fluorescencia de rayos X se han demostrado grandes cantidades de hierro (pirita) en los desechos, los sulfuros son ácidos cuando estos sulfuros se exponen al aire o al agua, siendo la principal causa de escape. Por lo tanto, debido a que estos desechos se encuentran en las vías fluviales de estos cuerpos de agua, pueden generar agua ácida y liberar metales y metales en las aguas del río Aruri.



## CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados del análisis, se concluye que el agua subterránea ácida de la mina relieve tiene una gran influencia en la calidad de los productos agrícolas en Nasca.
2. Con base en los resultados, concluimos que el nivel de contaminación del agua subterránea por el drenaje ácido causado por releves en la región de Nasca altera la calidad del agua, destruye el suelo y altera el pH y reduce la calidad del agua, la capacidad de permeabilidad y el suministro de oxígeno de los suelos arables. nivel.
3. Según la encuesta, la calidad de los productos agrícolas de Nasca mejora si cumplen con las especificaciones requeridas para la exportación, pero la contaminación del agua subterránea es un múltiplo del ácido generado en la mina Gwangmi que amenaza la agricultura.

## **RECOMENDACIONES**

1. Las Autoridades de la provincia de Nasca deben de fiscalizar, sancionar y clausurar las mineras formales e informales que generan drenajes ácidos de relaves mineros sin tratamiento.
2. Nasca puede implementar un Plan de Acción de Monitoreo de Saneamiento del Agua que identifique parámetros e indicadores de contaminación ambiental, como pH, OD y parámetros químicos para metales pesados que no sean arsénico y plomo.
3. El monitoreo continuo de la calidad del agua y el suelo en Nasca permite el monitoreo continuo de urea líquida y fuentes en el área de cultivo.

## FUENTES DE INFORMACION

- Aduvire, Osvaldo. 2006. "*Drenajes Ácidos de las Minas*". *Generación y Tratamiento*. Madrid - España: Dir. de Recurso Mineral y Geoambientes.
- Agroecología, Área de. 2011. "*Agroecologías Para Enfriarse El Planeta*". edited by E. en Acción.
- Altringer, P., R. Lien, and K. Gardner. 1991. "Biological and Chemical Selenium Removal from Precious Metal Solutions."
- Corpper, Southern. 2015. "Operaciones Integradas."
- Corzo Remigio, A. 2015. "Impacto de Los Pasivos Ambientales Mineros En El Recurso Hídrico de La Microcuenca Quebrada Párac, Distrito de San Mateo de Huanchor, Lima." ESCUELA DE POSGRADO. UNIVERSIDAD CATÓLICA - PERÚ.
- Dammert, A. 1981. *Economía Minera*.
- Decreto Supremo, N°007-83-A. 1983. "Modifican Arts. 81° y 82° Del Reglamento de Los Títulos I, II, y III de La Ley General de Aguas: Decreto Supremo N°007-83-A." 4 pp.
- Decreto Supremo, N°016-93-EM. 1993. "Reglamento Sobre Protección Del Medio Ambiente En La Actividad Minero-Metalúrgica, Modificado Por D. S. No. 059-93-EM." 19 pp.
- Decreto Supremo, N°261. 6. AP. 1969. "Decreto Supremo N° 261.69-AP. Reglamento de Los Títulos I, II Y III Del Decreto Ley No. 17752 'Ley General de Las Aguas.'" 37 pp.

- Decreto Supremo, N°41-70-A. 1970. "Complementación Del Reglamento Del Título III Del Decreto Ley N°17752 'Ley General de Aguas' Expedida Con Fecha 24 de Julio de 1969. Decreto Supremo N° 41-70-A." 9.
- Diaz Alvarez, J. 2013. "Tratamiento Biológico Como Alternativa Para Disminuir El Impacto Ambiental Ocasionado Por El Drenaje Ácido, Generado Por La Actividad Minera En El Municipio de Marmato- Caldas." UNIVERSIDAD DE MANIZALES.
- Domville, S. and G. Henry. 1992. "Improved Process for Treatment of Mill Effluent Containing Arsenic and Cyanide."
- Energías, Ministerio de Mina y. 2003. "Glosario Técnico Minero."
- Espino, G. 2006. "Efecto Contaminante de Los Desechos Minerales Abandonados Por Las Compañías Mineras, En El Territorio de La Provincia de Nasca."
- Farfán, A. 2004. "Contaminación de Las Aguas Subterráneas Por Actividad Minera En El Departamento de Madre de Dios." Universidad Nacional "San Antonio de Abad" del Cusco.
- Fließbach, Andreas, Hans Rudolf Oberholzer, Lucie Gunst, and Paul Mäder. 2007. "Soil Organic Matter and Biological Soil Quality Indicators after 21 Years of Organic and Conventional Farming." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118(1–4):273–84.
- Guerrero, M. E. and V. Pineda. 2016. "Contaminación Del Suelo En La Zona Minera de Rasgatá Bajo (Tausa). Modelo Conceptual." *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 26(1):57–74.
- Jiménez, B. 2009. *Risks and Integrated Management of the Urban Water Cycle*

- in Megacities of the Developing World: Mexico City.* Chapter in.
- Krause, E. 1992. "Arsenic Removal at INCO's CRED Plant and Disposal Practice."
- De La Cruz Orihuela, O. and Ramiro M.. 2014. "Los Drenajes de La Mina Pampamali s.a. En La Contaminación de Riachuelo Ccochatay En El Distrito de Seclla - Huancavelica." Universidad Nacional de Huancavelica.
- Larsimont, R. and V. Grosso. 2014. "Aproximación a Los Nuevos Conceptos Híbridos Para Abordar Las Problemáticas Híbridas." *Cardinalis* 2(1):27-48 pp.
- Lefebvre, G. and A. Dastous. 1991. "Beach Characteristics of Tailings Ponds." in *Conf. Soil Mech.* Villa del Mar - Chile: Proc. 9th Panamerican Conf. Soil Mech. Fdn. Eng.
- Ley General de Aguas N°17752. 1969. "Ley General de Las Aguas (Decreto Supremo N° 17752)." 30 pp.
- Li, S. 2013. "Medición Del Potencial de Generación de Agua Ácida Para Un Relave En La Zona Central Del Perú y Sus Necesidades de Neutralización." PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- Medina Quispe, Ricardo Jonathan. 2018. "Diseño Y Operatividad De La Planta De Neutralización De Aguas Acidas De Mina Paragsha Cerro De Pasco En Minera Volcan S.a.A." Universidad Nacional de San Agustín. Facultad de Ingeniería de Procesos. Escuela de Ingeniería Metalúrgica.
- N°014-92-EM, Supremo Decreto. 2011. "Sistema Peruano de Información Jurídica. Ministerio de Justicia. Texto Unico Ordenado de La Ley General de Minería."

- N°27314, Ley General de Residuos Sólidos. 2000. “Ley N°27314. Ley General de Residuos Sólidos.” 10.
- N°613, DDecreto Legislativo. 1990. “Código Del Medio Ambiente y Los Recursos Naturales, Decreto Legislativo N° 613.” 36 pp.
- N°757, Decreto Legislativo. 1997. “Decreto Legislativo N° 757 - Aprueban Ley Marco Para El Crecimiento De La Inversión Privada. Modificado Por Ley N° 25541 Publicada El 11 de Junio de 1992. Decreto Ley N° 25596 Publicado El 4 de Julio de 1992. Ley N° 26092 Publicada El 28 de Diciembre de 1.” 16 pp.
- Pacheco-Vega. 2017. “Agua Embotellada En México: Realidades, Retos y Perspectivas.” *Friedrich Ebert Stiftung* 195-214 pp.
- Rodríguez Heredia, D. 2017. “Intoxicación Ocupacional Por Metales Pesados.” *MEDISAN* 21(12):3372–85.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales, and C. De Haan. 2007. *Livestock’s Long Shadow – Environmental Issues and Options*. Roma.
- Stolze, Matthias, Annette Piorr, Anna Häring, and Stephan Dabbert. 2000. *The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe: Economics and Policy - Volume 6*. Vol. 6.
- Twidwell, L., K. Plessas, and T. Bowler. 1994. “Removal of Arsenic from Wastewaters and Stabilization of Arsenic Bearing Waste Solids.”
- USDA-IICA. 2020. “Tesoro y Glosario de La Biblioteca Agrícola Nacional.”
- Villachica, C., I. Llamosas, and M. Riva. 1993. «*Informes Sobre los Vertimientos y las Generaciones de los Residuos dentro de la Unidad de*

*Producción en Yauricocha.*

Villachica, C. and H. Parra. 1980. "Clasificación y Molienda Preferencial: Causas y Efectos." in *Third Int. Grinding Symp.* Viña del Mar - Chile: Third Int. Grinding Symp.

Villas-Bôas, R. and A. Gonzalez-Martinez. 2006. "*Ordenación Del Territorio y La Industria Extractiva Minera En El Peru*". Vol. 53. Brasil: CYTED.

## ANEXOS

### Anexo 1: Métodos de análisis de contaminantes del agua subterránea

#### CONDUCTIVIDAD.

EQUIPO: CONDUCTÓMETRO HACH.

#### PROCEDIMIENTO:

Los envases empleados en los ensayos deben estar totalmente limpios de huellas dactilares. Se enciende el aparato, se ajusta a escala correspondiente y se selecciona el patrón más adecuado, el mismo que se agita y se coloca en la celda de medición. Se mueve la aguja de la perilla de ajuste "Standardize" hasta obtener el valor de conductividad en la escala. Se saca la muestra patrón y se coloca la muestra problema, hacer la lectura correspondiente.

#### CLORUROS.

##### PROCEDIMIENTO.

Se vierte 100 mL de la muestra en un Erlenmeyer y en otro 100 mL de agua destilada (libre de cloruros) que servirá como testigo para la comparación. Si la muestra es coloreada se decolora con 3 mL de solución de hidróxido de aluminio. Después de unos 10 minutos se filtra y lava con 10 a 15 mL de agua destilada. Si la muestra contiene sulfuro o tiosulfato, se alcaliniza a la fenolftaleína con solución de hidróxido de sodio. Se agrega 1 mL de peróxido de hidrógeno y se agita. Se neutraliza con ácido sulfúrico.

##### TITULACIÓN.

Se echa unas gotas de fenolftaleína y se ajusta a un ligero color rosado (pH entre 7-10) agregando ácido sulfúrico o hidróxido de sodio según sea necesario. Se agrega 1 mL de  $K_2CrO_4$ . Se titula con la solución valorada de nitrato de plata hasta que aparezca una coloración amarillo rojiza. Se determina el gasto de titulante de la muestra testigo, siguiendo el método de titulación descrito.

##### CÁLCULO.

$$Cl = \frac{(\text{mL AgNO}_3 \text{ (muestra)} - \text{mL AgNO}_3 \text{ (testigo)}) \times \text{Nor. AgNO}_3 \times 35,46 \times 1,000}{\text{mL de la muestra}}; \text{mg/L.}$$



## **pH.**

### **PROCEDIMIENTO:**

- a) Tome la muestra de agua que se desea analizar.
- b) El ajuste y calibración del aparato se efectúa según el procedimiento indicado en el manual del fabricante. En forma general se puede proceder de la siguiente manera:
  - ✓ Enjuague el electrodo con agua destilada.
  - ✓ Coloque el corrector manual térmico en el valor de temperatura que tiene la muestra de agua.
  - ✓ Introducir el electrodo en la solución buffer seleccionada y mueva el botón de encendido hasta la posición de pH.
  - ✓ Lleve la aguja del medidor al valor de pH que corresponde a la solución buffer según la temperatura, moviendo el botón de calibración en el sentido de las manecillas del reloj o viceversa.
  - ✓ Regrese el botón de encendido a posición apagado.
  - ✓ Lavar y enjuagar el electrodo con agua destilada.
- c) Determine el pH de la muestra de agua de la siguiente manera:
  - ✓ Introducir el electrodo en la muestra y colocar el botón de encendido en la posición de pH.
  - ✓ Leer el pH de la muestra; esperar a que el electrodo alcance el equilibrio (30 segundos).
  - ✓ Regresar el botón de encendido a posición apagado.
  - ✓ Enjuagar el electrodo con agua destilada y mantenerlo sumergido mientras no funcione.

El valor de pH se lee directamente en la pantalla del potenciómetro.

## **DUREZA TOTAL.**

(Método: titulación con EDTA).

### **PROCEDIMIENTO:**

- a) Se toman 50 mL de la muestra, se agrega 1 mL de solución amortiguadora.
- b) Se adicionan posteriormente 4 gotas de la solución indicadora.
- c) Se titula con EDTA.

Si en la titulación no se consigue un viraje preciso de color, hay que agregar el inhibidor. El tiempo no debe exceder los 5 minutos, a partir de cuándo se agrega la solución amortiguadora.

CALCULO:

Dureza total (DT) como mg/L carbonato de calcio, se calcula con la fórmula:

$$DT = \text{mL EDTA} \times 20.$$

## **SULFATOS.**

PROCEDIMIENTO:

- a) Filtre la muestra hasta obtener un filtrado sin turbiedad.
- b) Tome 50 mL de la muestra filtrada en un Erlenmeyer de 250 mL y agregue 5 mL de solución acondicionadora. Mezcle bien y agregue una cucharadita de cloruro de bario, agite suavemente por 1 minuto y deje reposar 4 minutos.
- c) Haga la lectura en el turbidímetro y obtenga la concentración de sulfato en la tabla del turbidímetro.

CALCULO:

$$\text{mg/L de SO}_4 = \frac{\text{mg de SO}_4 \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

## **DETERMINACIÓN DEL ANTIMONIO.**

PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRADO.

En una serie de matraces kjeldahl numerados, introducir 10 mL de agua destilada y volúmenes crecientes de solución patrón de antimonio: 0 (ensayo en blanco), 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 10 mL, por ejemplo. Añadir a cada uno de ellos 5 mL de ácido nítrico puro y 5 mL de ácido sulfúrico puro. Mineralizar y llevar a cabo las operaciones de desarrollo de la coloración como se indica en el procedimiento. Efectuar las lecturas en el espectrómetro a la longitud de onda de 565 nm. Construir la curva de calibración.

PROCEDIMIENTO

Introducir 100 mL del agua a analizar en un kjeldahl y calentar hasta un volumen residual de unos 10 mL. Dejar enfriar. Añadir 5 mL. de ácido nítrico puro y 5 mL de ácido sulfúrico puro. Llevar a ebullición hasta la aparición de humos blancos de anhídrido sulfúrico. Dejar enfriar. A la solución completamente clara añadir 2 gotas de ácido perclórico y calentar fuertemente hasta la aparición de humos blancos. Dejar enfriar. Añadir entonces 3 mL de agua destilada y calentar de nuevo fuertemente hasta la aparición de humos blancos.

La reacción colorimétrica debe realizarse a una temperatura inferior a 20°C y la operación siguiente se ha de practicar en un baño de agua fría. Añadir en el kjeldahl y en el orden indicado a continuación sin detenerse después de la adición de ácido ortofosfórico:

- 5 mL de ácido clorhídrico 6 N;
- 8 mL de ácido ortofosfórico 3 N;
- 5 mL de rodamina B al 0,02 %.

Verter el contenido en un embudo de decantación. Lavar el kjeldahl con 10 mL de benceno que se añadirán al embudo. Agitar fuertemente, al menos durante 30 minutos. Desechar la fase acuosa y recoger la fase bencénica. Preparar una solución para la medida de la absorción de base con los reactivos siguientes: 5 mL de ácido clorhídrico 6 N, 8 mL de ácido ortofosfórico 3 N y 5 mL de rodamina B al 0,02 %.

Efectuar las lecturas en el espectrómetro a la longitud de onda de 565 nm teniendo en cuenta el valor leído para el testigo. Obtener los resultados a partir de la curva de calibración.

## EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Para una muestra de 100 mL la cifra leída en la curva multiplicada por 10 da el contenido de antimonio, expresando en miligramos por litro de agua.

## DETERMINACIÓN DEL ARSENICO

### Método de Cribier

#### PROCEDIMIENTO.

Efectuar la determinación con 50 mL de agua. Si es necesario concentrar la muestra, introducir un volumen de ella en una cápsula de modo que no se puedan producir

salpicaduras, añadir hidróxido sódico en la cantidad justa suficiente para obtener el viraje de la fenolftaleína y después agregar un exceso de 0,2 mL. Concentrar en baño maría hirviendo hasta unos 30 mL aproximadamente. Después de enfriar, verter 10 mL de solución de ácido sulfúrico de 100 g/L. Ajustar el volumen a 50 mL introducir la totalidad de la solución en el generador de un aparato de Cribier. Añadir con precaución 12 g de solución de ácido sulfúrico de 100 g/L. Una vez enfriada, agregar algunas gotas de solución de permanganato potásico hasta coloración rosa persistente durante 5 min. Seguidamente, decolorar con la cantidad precisa de agua oxigenada diluida y completar el volumen a 75 mL con agua destilada. Mezclar. Introducir rápidamente 8 g de cinc activado y montar inmediatamente sobre el aparato su correspondiente tubo de desprendimiento previamente equipado. Mantener el aparato a  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sumergiéndolo si es necesario en un recipiente lleno de agua a temperatura controlada. Dejar que el desprendimiento continúe durante 2 horas de modo que no puedan interferir otros vapores del laboratorio ni la luz. Una vez transcurrido el tiempo fijado, retirar la banda de papel reactivo. Fijar la coloración sumergiéndola durante algunos minutos en la solución de yoduro potásico. Lavar primero con agua corriente y después con agua destilada. Secar al aire libre evitando todo contacto que pueda deteriorar la mancha obtenida. Comparar con la escala patrón.

## EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

La escala patrón da la cantidad de arsénico, expresada en microgramos, contenida en el volumen de muestra tomado para la determinación.

## DETERMINACIÓN DEL MERCURIO TOTAL

### Método titrimétrico

#### PROCEDIMIENTO

Introducir 10 mL del agua a analizar, exactamente medidos, en un microkjeldahl que contenga bolas de vidrio. Adaptar a este último un refrigerante ascendente de boca esmerilada. Añadir por el refrigerante 1 mL de solución de ácido sulfúrico puro y llevar a ebullición durante algunos minutos. Después añadir con precaución la solución saturada de permanganato potásico hasta coloración parda persistente. Anotar el volumen de solución añadida y dejar hervir hasta decoloración completa. A continuación añadir gota a gota la solución de permanganato potásico hasta que

persista un exceso aun después de una calefacción prolongada. Después de enfriar, introducir por el refrigerante 1 mL de solución saturada de clorhidrato de hidroxilamina y una cantidad suficiente de agua destilada para enjuagar el refrigerante. Completar el microkjeldahl hasta las tres cuartas partes de su volumen. Dejar enfriar.

Preparar a continuación un testigo en condiciones idénticas, añadiendo a 10 mL de agua bidestilada acidificada con 1 mL de ácido sulfúrico puro, la misma cantidad de solución saturada de permanganato diluida con una cantidad suficiente de agua bidestilada para llenar el matraz hasta las tres cuartas partes aproximadamente. Añadir igualmente 1 mL de ácido sulfúrico puro y, después de mezclar, 1 mL de solución saturada de clorhidrato de hidroxilamina.

Agitar los dos matraces cuya decoloración debe ser completa. Añadir sucesivamente a cada uno de ellos 2 mL de solución de urea al 10%, una cantidad suficiente de solución de acetato sódico para llevar el pH alrededor de 1,5 y 3 mL de solución de ácido oxálico al 10% para fijarlo a este valor. Verificar el pH con papel indicador.

A continuación, añadir en el frasco que contiene el agua a analizar 1 mL de cloroformo puro y después la solución hija de di- $\beta$ -naftiltiocarbazona en fracciones de 0,5 mL. Agitar vigorosamente después de las 2 adiciones y ver por decantación la coloración de la capa clorofórmica que deberá alcanzar una coloración lila-malva correspondiente a un ligero exceso de di- $\beta$ -naftiltiocarbazona. Anotar el volumen añadido y después verter en el matraz testigo una cantidad de solución idéntica. En este matraz la capa clorofórmica debe ser azul. Igualar la coloración de este último a la del frasco precedente por adición de solución patrón de mercurio. Comparar los colores de las dos capas clorofórmicas después de agitar, observándolas sobre un fondo blanco y con luz natural.

## EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

El contenido de mercurio, expresado en microgramos por litro de agua, se da por la expresión

$$10 \times V \times 100$$

Donde:

V = Indica el volumen de la solución hija patrón de mercurio introducida en el frasco testigo para igualar la coloración a la de referencia elegida.

## **DETERMINACIÓN DEL MERCURIO ORGANICO**

### **PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRADO**

Preparar, a partir de la solución patrón de 1 mg/L de metil mercurio, diluciones que contengan de 5 a 250  $\mu\text{g}$  /L de metil mercurio.

La elección de la gama de patrones se determina teniendo en cuenta la concentración de la muestra. Proceder a la extracción como se indica en el procedimiento. Trazar la curva de calibración.

### **PROCEDIMIENTO**

Extracción.

En un embudo de decantación de 500 mL, introducir sucesivamente:

Agua a analizar: 200 mL.

Ácido bromhídrico: 22 mL.

Bromuro potásico: 40 g

Tapar herméticamente y agitar hasta disolución completa. Añadir 25 mL de benceno, agitar 3 min. Dejar en reposo. Recuperar la fase orgánica. Volver a efectuar la extracción 2 veces. Reunir las fases orgánicas. Hacer pasar la solución bencénica por una columna que contenga aproximadamente 2 ó 3 cm. de sulfato sódico anhidro. Lavar la columna con 10 mL de benceno y añadirlos a la solución.

### **PURIFICACIÓN**

Verter la solución bencénica en un embudo de decantación de 125 mL. Añadir 2 mL de solución de cisteína, agitar 3 minutos y recoger la fase acuosa. Volver a efectuar la extracción con 2 mL de solución de cisteína. Juntar la solución acuosa a la precedente y después lavarla con 2 mL de benceno. En un embudo de decantación de 30 mL introducir:

La solución acuosa;

0,1 mL de ácido yodhídrico;

2 mL de benceno.

Agitar durante 3 minutos. Dejar que las fases se separen. Recoger la solución bencénica. Secarla tratándola con sulfato sódico anhidro.

### **ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO**

Inyectar 5  $\mu$ L de extracto bencénico en el cromatógrafo cuyas condiciones operatorias se ha establecido así:

Gas portador: nitrógeno:

Caudal: 120 mL/min;

Temperatura de inyección: 225 °C;

Temperatura de la columna: 140°C;

Temperatura del detector Ni <sup>63</sup>: 275°C;

Temperatura del detector H<sup>3</sup>: 205°C.

Los tiempos de retención absolutos del metil y etilmercurio para la columna descrita son de 5,5 y 9,7 minutos.

#### EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Para una muestra de 200 mL, la curva da directamente el contenido de metil-mercurio en microgramos por litro.

#### DETERMINACIÓN DEL PLOMO

##### Método colorimétrico

##### PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRADO.

En una serie de embudos de decantación de 150 mL, introducir sucesivamente:

##### Tabla I

##### Datos para la preparación de la curva de calibrado para plomo

Número de los embudos	T	I	II	III	IV	V	VI
Sol. de ácido nítrico al 1%(mL)	10	10	10	10	10	10	10
Sol. hija patrón de 0.00g/l(mL)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
Solución amoniacal sulfitada y cianurada (mL)	30	30	30	30	30	30	30
Sol. de ditizona de 20 mg/L (mL)	10	10	10	10	10	10	10
Corresponde. en $\mu$ g de plomo	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15

Agitar durante 1 minuto. Dejar que repose 1 hora. Efectuar las lecturas en el espectrómetro a la longitud de onda de 510 nm. Construir la curva de calibración.

## PROCEDIMIENTO

Es indispensable realizar paralelamente la determinación de un ensayo en blanco con agua bidestilada.

### Mineralización

En un matraz de cuarzo o de vidrio borosilicato de 250 mL, verter sucesivamente:

Agua a analizar	100 mL
Ácido sulfúrico (d = 1,83)	5 mL
Ácido nítrico (d = 1,40)	10 mL

Calentar hasta humos blancos. Si el residuo sulfúrico no queda incoloro, añadir más ácido nítrico después de haber enfriado el matraz. Volver a calentar hasta humos blancos verificando que la mineralización haya finalizado. Dejar que se enfríe. Añadir 10 mL de agua bidestilada. Llevar a ebullición hasta humos blancos. Repetir 3 veces esta operación para eliminar los productos nitrosos. Dejar que se enfríe. Tratar con 10 mL de solución de citrato amónico y 10 mL de solución ríe acetato amónico. Llevar a ebullición. Dejar que se enfríe. Verter la solución en un matraz aforado de 100 mL. Lavar el matraz con 30 mL de solución de amoníaco (d = 0,945). Ajustar el pH a 9 continuando las adiciones de amoníaco. Completar a 100 mL con agua bidestilada.

### Extracción del plomo

Verter en un embudo de decantación de 150 mL, un volumen tal de la solución obtenida que la cantidad de plomo esté comprendido entre 2 y 15  $\mu$ g. A continuación añadir:

Solución de clorhidrato de hidroxilamina ...	5 gotas
Solución de cianuro potásico	8 mL
Solución de ditizona 60 mg/L	5 mL

Agitar durante 1 minuto. Verter la capa clorofórmica coloreada (del verde al rojo según el contenido del plomo) en otro embudo de decantación. Continuar la extracción del plomo por adición de porciones de 2 ml. de ditizona hasta que la coloración verde del cloroformo persista. Proceder con tres nuevas extracciones, verificando que el pH es igual a 9.



Reunir las capas clorofórmicas en el segundo embudo. Añadir 10 ml de agua destilada para eliminar el amoníaco que podría molestar más tarde para obtener el pH deseado. Agitar durante 15 segundos. Dejar que repose 10 minutos. Decantar la fase orgánica en un tercer embudo. Agitar los 10 mL de agua de lavado con 3 mL de cloroformo. Juntar este disolvente al extracto clorofórmico. Añadir al extracto total 10 mL de solución de ácido nítrico al 1%, medidos exactamente. Agitar durante 1 minuto. Verificar que el pH esté ácido. La coloración verde de la ditizona reaparece en el cloroformo y el plomo queda disuelto en la solución nítrica. Desechar la capa clorofórmica.

En ausencia de bismuto, añadir a la solución ácida 30 mL de solución amoniacal sulfitada y cianurada y 10 mL exactamente medidos, de solución de ditizona de 20 mg/L. Agitar durante 1 minuto. Dejar que repose 1 hora. Efectuar las lecturas en el espectrómetro a la longitud de onda de 510 nm, teniendo en cuenta el valor leído para el testigo. Obtener los resultados a partir de la curva de calibración.



***Tipo de montaje para la mineralización.***

### **Expresión de los resultados**

Los resultados se expresan en miligramos de plomo por litro de agua.

## DETERMINACIÓN DEL COBRE

### Método colorimétrico

#### PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRADO

En una serie de matraces aforados de 100 ml, introducir sucesivamente agitando después de cada adición:

**Tabla II**

**Datos para la preparación de la curva de calibrado para cobre**

Número de los matraces	T	I	II	III	IV	V
Sol. patrón de 0,010 g/L de cobre (mL)	0	2	4	6	8	10
Agua des. exenta de cobre (mL)	40	40	40	40	40	40
Solución de ácido cítrico (mL)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Amoníaco (mL)	8	8	8	8	8	8
Solución de acetaldehído (MI)	10	10	10	10	10	10
Solución de oxalilhidrazida (mL)	10	10	10	10	10	10
Agua dest. hasta enrase (mL)	100	100	100	100	100	100
Correspondencia en p.g/L de cobre,	0	20	40	60	80	100

Esperar 30 minutos para que se estabilice la coloración dejando los matraces en la oscuridad. Efectuar las lecturas en el espectrómetro a la longitud de onda de 540 nm. Restar de las densidades ópticas leídas para los patrones, el valor encontrado para el testigo. Construir la curva de calibración.

#### PROCEDIMIENTO

En dos matraces aforados de 100 mL, introducir sucesivamente agitando después de cada adición:

**Tabla III**

**Datos para la construcción de la curva de calibrado**

Reactivos (mL)	A	11
Agua a analizar	50	—

Agua destilada	—	50
Solución de ácido cítrico	2,5	2,5
Amoníaco	8	8
Solución de acetaldehído	10	10
Solución de oxalilhidrazida	10	10
Agua destilada hasta enrase a.	100	100

Dejar reposar 30 minutos en la oscuridad y hacer las lecturas en el espectrómetro a la longitud de onda de 540 nm, teniendo en cuenta el valor leído para el testigo. Obtener los resultados a partir de la curva de calibración.

#### EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

La curva da la cantidad de cobre presente en la muestra tomada para la determinación. Expresar los resultados en miligramos de cobre por litro.

### DETERMINACIÓN DEL HIERRO

#### PREPARACIÓN PARA LA CURVA DE CALIBRADO

En una serie de matraces aforados de 100 mL introducir sucesivamente, agitando después de cada adicción.

**Tabla 3.4**

**Datos para la preparación de la curva de calibrado para hierro**

Número de los matraces	T	I	II	III	IV	V
Sol. patrón de hierro de 0,05 g/L (mi)	0	1	2	4	5	7,5
Agua destilada (mL)	10	9	8	6	5	2,5
Correspondencia en mg de hierro	0	0,050	0,100	0,200	0,250	0,375
Solución de Clorhidrato de Hidroxilamina (mL)	1	1	1	1	1	1
Solución de nitrato de aluminio.	5	5	5	5	5	
Solución de $\alpha-\alpha$ dipiridilo (mL)	2	2	2	2	2	2

Solución tampón de acetato (mL)	5	5	5	5	5	5
---------------------------------	---	---	---	---	---	---

---

Ajustar el volumen a 100 mL con agua bidestilada. Efectuar las lecturas en el espectrómetro a la longitud de onda de 510 nm. Construir la curva de calibración.

## PROCEDIMIENTO

### **Determinación del hierro total**

Introducir en un Erlenmeyer de 250 mL, una cantidad de agua que contenga entre 0,1 mg y 0,4 mg de hierro. Añadir 1 mL de ácido clorhídrico diluido a 1/10. Ajustar el volumen a 75 mL. Neutralizar (pH 5) con amoníaco. Verter la solución en un matraz aforado de 100 mL y añadir, respetando el orden indicado y agitando después de cada adición:

Solución de clorhidrato de hidroxilamina	1 mL
Solución de nitrato de aluminio	5 mL
Solución de $\alpha, \alpha'$ -dipiridilo	2 mL
Solución tampón de acetato	5 mL

Completar el volumen con agua destilada. Mezclar perfectamente. Efectuar la lectura en el espectrofotómetro a la longitud de onda de 510 nm. Obtener los resultados a partir de la curva de calibración.

### **Determinación del hierro disuelto**

La parte alícuota tomada debe contener entre 0,01 y 0,04 mg de hierro. Los reactivos se añaden inmediatamente después de tomar la muestra, en el orden indicado para la determinación del hierro total, pero omitiendo la adición de clorhidrato de hidroxilamina y evitando todo contacto con el aire. Seguidamente se decanta y se filtra la muestra. La medida calorimétrica se puede efectuar posteriormente.

## EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

La curva da el peso del hierro contenido en el ensayo.

## **DETERMINACIÓN DE CIANUROS:**

### **Determinación de cianuros totales.**

## Método volumétrico

### PROCEDIMIENTO

Añadir al destilado 0,5 mL de solución de indicador. Efectuar la determinación con nitrato de plata N/10 hasta viraje del amarillo canario al salmón. Operar en las mismas condiciones con una muestra de agua destilada que contenga la misma cantidad de hidróxido sódico y del reactivo indicador.

### EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

El contenido de cianuros, expresado en miligramos de  $\text{CN}^-$  por litro, es igual a:

$$\frac{(A - B) \times 5,2 \times 1000}{250}$$

A = Volumen de solución de nitrato de plata utilizado para la muestra (mL).

B = Volumen de solución de nitrato de plata utilizado para el testigo (mL).

## Anexo 2: Matriz de Consistencia

TEMA	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
<p><b>Influencia de las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros en la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca.</b></p>	<p><b>Problema general</b></p> <p>¿En que medida las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros influyen en la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca?</p> <p><b>Problemas específicos.</b></p> <p><b>P.E.1:</b> ¿Cuál es el nivel de contaminación de las aguas subterráneas con los drenajes ácidos provenientes de relaves mineros en la provincia de Nasca?</p> <p><b>P.E.2:</b> ¿Cuál es la calidad de los productos agroindustriales de la provincia de Nasca respecto a las especificaciones exigidas para su exportación?</p>	<p><b>Objetivo General.</b></p> <p>Determinar la influencia de las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros en la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca.</p> <p><b>Objetivos específicos.</b></p> <p><b>O.E.1:</b> Determinar el nivel de contaminación de las aguas subterráneas con los drenajes ácidos provenientes de relaves mineros en la provincia de Nasca.</p> <p><b>O.E.2:</b> Verificar la calidad de los productos agroindustriales de la provincia de Nasca respecto a las especificaciones exigidas para su exportación</p>	<p><b>Hipótesis general.</b></p> <p>Las aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros influyen directamente en la calidad de los cultivos agroindustriales en la provincia de Nasca.</p> <p><b>Hipótesis específicas.</b></p> <p><b>H.E.1:</b> El nivel de contaminación de las aguas subterráneas con los drenajes ácidos provenientes de relaves mineros en la provincia de Nasca, es alto.</p> <p><b>H.E.2:</b> La calidad de los productos agroindustriales de la provincia de Nasca respecto a las especificaciones exigidas para su exportación, es baja.</p>

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	FUENTE
<p>1. Variable independiente. Aguas subterráneas contaminadas con drenajes ácidos provenientes de relaves mineros</p> <p>2. Variable dependiente. Calidad de los cultivos agroindustriales-</p>	Química	- Cantidad de sustancias tóxicas - Contenido de sustancias venenosas	Análisis	Reporte de laboratorio
	Sanitaria	- Peligrosidad de las sustancias  - Uso en la alimentación - Uso en la agricultura	Análisis	Reporte de laboratorio
	Fisicoquímica	Contenido de: Fibras Proteínas	Análisis	Reporte de laboratorio
	Nutricional	Carbohidratos Grasas	Análisis	Reporte de laboratorio
	Económica	Contenido de: Vitaminas Minerales. Calorías	Análisis	Reporte de laboratorio
		Calidad según especificaciones		