



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**



**TESIS**

**EFFECTO DEL COMPOST DE RESIDUOS ORGÁNICOS URBANOS EN LA  
REMEDIACIÓN DEL DRENAJE ÁCIDO DE LA EX UNIDAD MINERA  
ALADINO VI**

**PRESENTADA POR:**

**ANIBAL SUCARI LEÓN**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**DOCTOR EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**PUNO, PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*A la razón de mi vida Nancy y motores de mi  
esfuerzo diario mis hijos Jean André, Danae  
Emi Naomi y Alizee Gianella Saori, que son  
apoyos espirituales y fuentes permanentes de  
mi superación como profesional.*

*A mis queridos padres, Tomas y Luz Marina por su  
apoyo permanente e invaluable, a mis hermanos  
Gladivar, Reynaldo, Bertha y en memoria de mi  
hermana Soledad que con su apoyo incondicional y  
moral me motivan a concluir esta tesis.*

***Anibal.***



## AGRADECIMIENTOS

*A mi Universidad Nacional del Altiplano de Puno por permitirme estudiar y concluir el Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en la Escuela de Posgrado, a los docentes del Doctorado que compartieron sus conocimientos y beneficiaron en mi formación profesional, por otra parte, porque este grado académico es muy importante para mi persona en la complementación de mi formación como profesional.*

*A mi estimado asesor y miembros del jurado calificador que con sus aportes se pudo concluir la presente investigación.*

***Anibal.***



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

### CAPÍTULO I

#### REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico	3
1.1.1 Compost	3
1.1.1.1 Proceso de compostaje	3
1.1.1.2 Utilidad del compost	4
1.1.1.3 Efectos del compost	6
1.1.1.4 Beneficios de la aplicación del compost	6
1.1.1.5 Medida de estabilidad del compost	7
1.1.2 Relaves mineros	8
1.1.3 Residuos mineros	8
1.1.4 Meteorización	8
1.1.5 Drenaje ácido de mina	8
1.1.6 Formación de agua ácida	9
1.1.7 Composición de aguas ácidas	9
1.1.8 Categorías de drenaje de mina	9
1.1.9 Metales pesados	10
1.1.10 Adsorción de metales pesados	10
1.1.11 Contaminación por metales pesados	11
1.1.12 Límite máximo permisible	11
1.1.13 El Agua.	11
1.1.14 Aguas superficiales y subterráneas para consumo humano	12



1.1.15	Entidades responsables en el manejo del agua en el Perú.	14
1.1.15.1	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS - PERÚ).	14
1.1.15.2	Ministerio de Agricultura - INRENA.	14
1.1.16	Consideraciones básicas del agua para consumo humano.	15
1.1.17	Contaminación del agua	15
1.1.18	Clasificación de tipos de agua	16
1.2	Antecedentes	18

## **CAPÍTULO II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1	Identificación del problema	23
2.2	Enunciados del problema	24
2.2.1	Problema general	24
2.2.2	Problemas específicos	24
2.3	Justificación	24
2.4	Objetivos.	25
2.4.1	Objetivo general	25
2.4.2	Objetivos específicos	26
2.5	Hipótesis	26
2.5.1	Hipótesis general	26
2.5.2	Hipótesis específicas	26

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1	Lugar de estudio	27
3.2	Población	28
3.3	Muestra	28
3.4	Método de investigación	28
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos.	29
3.5.1	Variables de estudio	31
3.5.2	Descripción detallada del uso de materiales, equipos, instrumentos	33
3.5.3	Aplicación estadística	33

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	Resultado para el primer objetivo específico:	34
-----	---	----



4.1.1.	Resultado pH - ANOVA para el pH según variedad de tratamientos	35
4.1.2	Resultado Arsénico - ANOVA Simple - Col_3 por Col_1.	38
4.1.3	Resultado Cadmio - ANOVA simple - Col_4 por Col_1.	41
4.1.4	Resultado Mercurio - ANOVA Simple - Col_5 por Col_1.	45
4.1.5	Resultado Plomo - ANOVA Simple - Col_6 por Col_1.	48
4.2	Resultados para el segundo objetivo específico:	54
4.3	Resultado para el objetivo general:	56
4.4	Discusión	57
	CONCLUSIONES	59
	RECOMENDACIONES	60
	BIBLIOGRAFÍA	61
	ANEXOS	68

Puno, 18 de enero del 2022

**ÁREA:** Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

**TEMA:** Efecto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI.

**LINEA:** Recursos naturales y medio ambiente



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Clasificación de aguas residuales de mina en función al pH	10
2. Extracción total de agua a nivel mundial según datos de la FAO	12
3. Olores característicos de diversos compuestos.	14
4. Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	16
5. Subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación	16
6. Subcategoría C: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	17
7. Subcategoría D: Riego de vegetales y bebida de animales	17
8. Subcategoría E: Conservación del ambiente acuático	18
9. Análisis de muestra sin tratamiento y muestras con tratamientos de compost óptimos	29
10. Cantidad óptima en la remediación de drenaje ácido de mina	30
11. Tiempo óptimo en la remediación de drenaje ácido de mina	31
12. Operacionalización de variables	32
13. Resumen estadístico para el nivel de pH	35
14. Tabla ANOVA para niveles de pH según tratamientos	36
15. Método: 95,0 porcentaje LSD - pH	37
16. Resumen estadístico para Col_3 - Arsénico	38
17. Resumen estadístico para Col_1	39
18. Tabla ANOVA para Col_3 por Col_1	40
19. Método: 95,0 porcentaje LSD - Arsénico	41
20. Resumen estadístico para Col_4 - Cadmio	42
21. Resumen estadístico para Col_1	43
22. Tabla ANOVA para Col_4 por Col_1	43
23. Método: 95,0 porcentaje LSD - Cadmio	44
24. Resumen estadístico para Col_5 - Mercurio	45
25. Resumen estadístico para Col_1	46
26. Tabla ANOVA para Col_5 por Col_1	47
27. Método: 95,0 porcentaje LSD - Mercurio	48
28. Resumen estadístico para Col_6 - Plomo	49
29. Resumen estadístico para Col_1	50



<b>30.</b> Tabla ANOVA para Col_6 por Col_1	51
<b>31.</b> Método: 95,0 porcentaje LSD - Plomo	52
<b>32.</b> Resultados de los tratamientos	53
<b>33.</b> Subcategoría D: Riego de vegetales y bebida de animales	53
<b>34.</b> Resultado de los experimentos según tratamiento	55
<b>35.</b> Efecto del compost en el drenaje ácido de mina	57





## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje	4
2. Ubicación de la zona de estudio	27
3. Medias y 95,0% de Fisher LSD - pH	36
4. Medias y 95,0% de Fisher LSD - Arsénico	39
5. Medias y 95,0% de Fisher LSD - Cadmio	43
6. Medias y 95,0% de Fisher LSD – Mercurio	46
7. Medias y 95,0 de Fisher LSD - Plomo	50
8. Comparación de ECAs sub categoría D, grupo control y tratamientos	54
9. Promedio de los resultados de tratamiento respecto a la cantidad de concentración	56



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Diferencia significativa para el pH.	69
2. Diferencia significativa para arsénico	70
3. Diferencia significativa para cadmio	71
4. Diferencia significativa para mercurio	72
5. Diferencia significativa para plomo.	73
6. Ex Unidad Minera Aladino VI	74
7. Medición del pH del drenaje ácido de mina y compost	75
8. Informes de análisis del grupo control	76
9. Informe de análisis de tratamiento de drenaje ácido de mina	77



## RESUMEN

Los pasivos ambientales mineros son un problema a nivel nacional ya que generan contaminación del agua superficial y subterránea, debido a la presencia de metales pesados en los drenajes ácidos de mina (DAM) afectando a la salud de los seres vivos. Cabe resaltar que la ex unidad minera Aladino VI se ubica en una zona ganadera y agrícola en el distrito de Mañazo. El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI. Se desarrolló bajo los lineamientos metodológicos de un enfoque cuantitativo, tipo de investigación experimental ya que se manipuló la variable independiente con un diseño experimental puro realizando las mediciones al grupo control y grupo experimental, antes y después de 72 horas. Los principales resultados demostraron un efecto positivo del compost frente a la remediación del drenaje ácido de mina, habiéndose logrado incrementar el valor del pH de 2,52 a 6,2 siendo menos ácido que el grupo control, así mismo la eliminación al 100% de los metales pesados arsénico, plomo y mercurio ya que el equipo de análisis no logró detectar, sin embargo en el caso del cadmio se logró reducir su concentración de 3,0 a 0,8. Finalmente se concluye que el compost de residuos orgánicos urbanos tiene un efecto positivo en la remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI ya que redujo la concentración de los metales pesados y se incrementó el valor del pH.

**Palabras clave:** Agua, arsénico, cadmio, metales pesados, mercurio, plomo.



## ABSTRACT

Mining environmental liabilities are a problem at the national level since they generate contamination of surface and underground water, due to the presence of heavy metals in acid mine drainage (AMD), affecting the health of living beings. It should be noted that the former Aladino VI mining unit is located in a livestock and agricultural area in the district of Mañazo. The objective of this study was to determine the effect of urban organic waste compost in the remediation of acid drainage of the former Aladino VI mining unit. It was developed under the methodological guidelines of a quantitative approach, type of experimental research since the independent variable was manipulated with a pure experimental design, making measurements to the control group and experimental group, before and after 72 hours. The main results showed a positive effect of the compost against the remediation of acid mine drainage, having been able to increase the pH value from 2.52 to 6.2, being less acid than the control group, as well as the elimination of 100% of the heavy metals arsenic, lead, and mercury, since the analysis team was unable to detect them; however, in the case of cadmium, its concentration was reduced from 3.0 to 0.8. Finally, it is concluded that the urban organic waste compost has a positive effect on the remediation of the acid drainage of the former Aladino VI mining unit since it reduced the concentration of heavy metals and increased the pH value.

**Keywords:** Arsenic, cadmium, heavy metals, lead, mercury, water.

## INTRODUCCIÓN

Las actividades mineras que fueron abandonadas en la década de 1980 a 1990 por diferentes factores como el terrorismo, término de explotación y otros, tiempos donde no existía una legislación minera y ambiental, ahora son considerados como pasivos ambientales mineros porque generan un drenaje ácido a partir de los materiales que no fueron adecuadamente tratados, mitigados o remediados. Hoy en día los pasivos ambientales mineros son considerados como problemas en las comunidades campesinas y poblaciones cercanas ya que afectan directamente a la calidad de las aguas subterráneas y superficiales en los diferentes lugares donde se explotó algún yacimiento minero, originando aguas y suelos contaminados, muerte de animales y problemas de salud entre la población aledaña, generando el rechazo a la actividad minera y dando origen a conflictos sociales.

El trabajo de investigación es importante ya que responde a la solución de un problema nacional, presentando una alternativa de tratamiento del drenaje ácido que afecta a las aguas superficiales utilizando para ello el compost de residuos orgánicos urbanos a escala laboratorio. Este método contribuye a la reducción del calentamiento global y la contaminación ambiental porque sustituye el uso de la cal, eliminando todo el proceso productivo para la obtención de la cal, generando además la necesidad de la clasificación de residuos en especial los orgánicos para realizar el compost, encontrándose en la línea de investigación de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.

El propósito de la investigación fue determinar el efecto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI así mismo determinar la cantidad y tiempo de contacto entre el compost y el drenaje ácido de mina. Respecto al tipo de investigación está considerado como experimental ya que se tomaron muestras del drenaje ácido de mina 12 litros y en cada 500ml aplicándosele diferentes cantidades de compost (20g, 40g, y 60g), se realizó el monitoreo del comportamiento en diferentes tiempos (24hrs, 48hrs y 72hrs). Encontrando al final la cantidad óptima del compost a usar y el tiempo óptimo de contacto entre el drenaje ácido de mina y el compost.



Este trabajo de investigación está estructurado en cuatro capítulos, Capítulo I: Revisión bibliográfica: Marco teórico y antecedentes de la investigación. Capítulo II: Planteamiento del problema: Identificación del problema, enunciados del problema, justificación, objetivos e hipótesis de la investigación. Capítulo III: Materiales y Métodos: Lugar de estudio, población y muestra, descripción detallada de métodos por objetivos. Capítulo IV: Resultados y Discusión: Se ilustra los resultados correspondientes para cada objetivo a través de tablas y figuras con sus interpretaciones y análisis correspondiente. Finalmente se consideran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1 Marco teórico

##### 1.1.1 Compost

El “compost” es el resultado de un proceso a partir de residuos orgánicos de distinto origen (residuos orgánicos urbanos, lodos de depuración, estiércol, etc.), los cuales son sometidos a un proceso biológico controlado de fermentación aerobia o “compostaje” (EGMASA, 2004). El proceso de compostaje genera compost orgánico con una alta capacidad de retención de metales para elementos potencialmente tóxicos (Lima *et al.*, 2018).

##### 1.1.1.1 Proceso de compostaje

El compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (Román *et al.*, 2013).

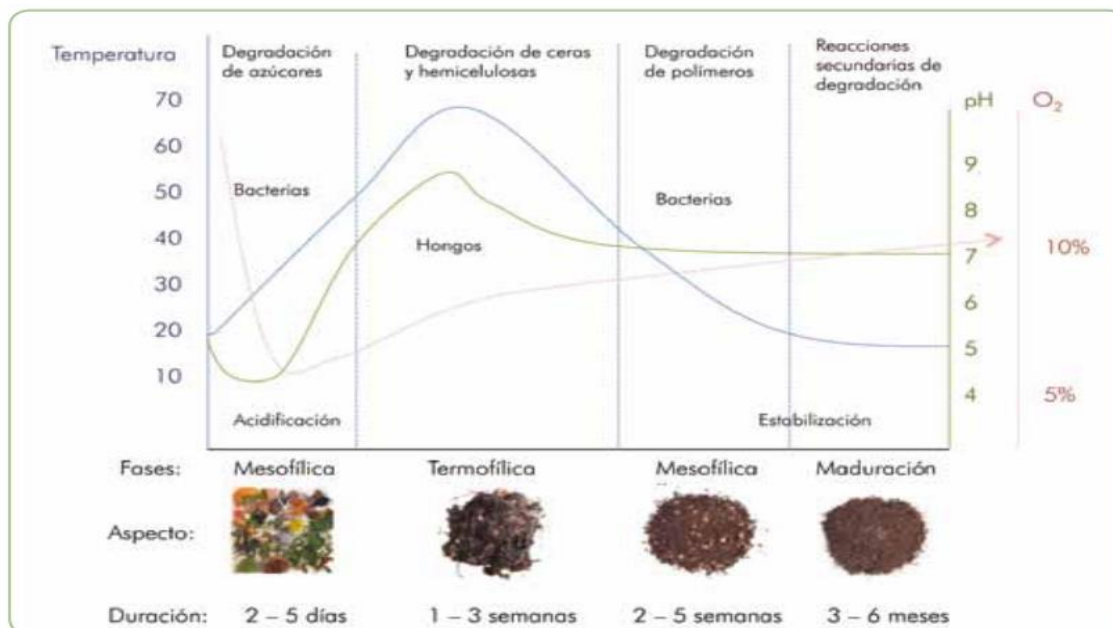


Figura 1. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje

Fuente: (Román *et al.*, 2013).

### 1.1.1.2 Utilidad del compost

Se trata de un producto de aspecto terroso, ausente de olores y libre de microorganismos patógenos, semillas y que puede emplearse en múltiples aplicaciones como abono de fondo, sustituyendo a los fertilizantes químicos tradicionales, más agresivos con el medio. Por otra parte el compost enriquece el suelo, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas por el aporte de materia orgánica y elementos fertilizantes de liberación lenta lo afirma (EGMASA, 2004).

- Materia orgánica (%) 50 - 60
- pH 7 - 7,5
- Conductividad eléctrica C.E. (mS/cm) 4 - 6
- Nitrógeno N (%) 1,5 - 2,5
- Fósforo P (%) 1 - 2
- Potasio K (%) 0,2 - 0,8
- Calcio Ca (%) 1 - 3
- Magnesio Mg (%) 0,2 - 0,5
- Manganeso Mn (ppm) 100 - 500
- Hierro Fe (ppm) 3000 - 10000



Los residuos orgánicos urbanos presentan diferentes descomposiciones respecto al tiempo lo señala (Abellan & Palacios, 2015) donde se describe la velocidad de su descomposición.

#### ***Materiales que tienen una descomposición lenta***

- Residuos de verduras y frutas
- Bolsas de infusiones y posos de café
- Residuos de plantas, heno y paja.
- Abonos pajizos de burros, caballos y vacas
- Plantas de macetas y restos de flores
- Podaciones de setos jóvenes
- Matorrales perennes
- Nidos de conejos, hámster y otros animales domésticos (herbívoros)

#### ***Materiales de descomposición muy lenta***

- Restos de hojas de plantas después del otoño
- Podacinoes de setos duros
- Residuos de ramas podadas
- Residuos de maderas no tratadas como serrín y virutas
- Cáscaras de huevo de gallina u otra ave
- Residuos de frutos secos (cáscaras)
- Lanas e hilos naturales
- Plumas y pelos de animales
- Restos de huesos de frutos (aguacate, melocotón, aceitunas, etc.)

#### ***Otros materiales***

- Ceniza de madera (espolvorear en cantidades pequeñas)
- Servilletas, cartones, bolsas y envases de papel
- Periódicos usados (en pequeñas cantidades)

### 1.1.1.3 Efectos del compost

El compost presenta diferentes efectos tal como lo indica (Abellan & Palacios, 2015).

- Efectos en su contextura del suelo. El compost, debido a su estructura similar a ala tierra, facilita la formación de conglomerados en el suelo para así mantener una correcta humedad y aireación del mismo.
- Efectos en la salud del suelo. Es un producto natural, libre de patógenos y sin compuestos químicos. generalmente actúa como fungicida y bactericida.
- Efectos en los nutrientes de las plantas. Se trata de un producto rico en macronutrientes y nutrientes, resultando un abono favorable para las plantas.
- Beneficios económicos. No hay necesidad de comprar el producto, ya que se obtiene de un proceso sencillo que se puede realizar en el hogar.

### 1.1.1.4 Beneficios de la aplicación del compost

Los beneficios del compost en el sistema suelo – plantas, existen varios. En seguida se describe lo más importantes que lo señala (Alcolea & González, 2000).

- El compost mejora su estructura y la textura del suelo, en principal la retención de nutrientes, oxígeno y agua.
- Incita el incremento de una buena estructura, que apoya a sostener un balance adecuado de agua y aire en la tierra.
- Ayuda a lidiar contra la erosión, porque genera una pérdida progresiva de los suelos, disgregación de la estructura y su fertilidad.
- Incrementa la permeabilidad del suelo y previene la formación de “costra superficial”, tolerando la filtración de la lluvia lentamente, sin que se genere fluidos de agua superficial que erosionen el suelo.
- La inclusión repetida de compost puede subsanar suelos arcillosos o arenosos:
  - Los suelos arcillosos tienden a compactarse y encharcarse dócilmente por carencia de porosidad. Agregando compost, ésta

incrementa, favoreciendo el ingreso de oxígeno y agua en su estructura.

– Los suelos arenosos, se les conoce por la rápida filtración del agua que desplaza los nutrientes a estratos más profundos donde las plantas no tienen capacidad de absorberlos. La materia orgánica almacena y capta el agua, quedando a disposición de las plantas.

- El compost tiene los nutrientes que las plantas necesitan para lograr un adecuado crecimiento. Gracias a los diferentes materiales, a partir de los cuales se fabrica el compost, suministra los nutrientes fundamentales, (potasio, fósforo y nitrógeno), así mismo aquellos elementos que necesitan en pequeñas cantidades, (boro, zinc, manganeso, cobre, etc.)
- El compost significa una fuente de reserva de nutrientes, para las diferentes plantas. Los nutrientes se liberan de forma progresiva, coincidiendo la época de mayor requerimiento de las plantas, con la máxima liberación de nutrientes. Esto sucede como consecuencia del aumento de la actividad microbiana responsable de liberarlos. Cuando incrementan las temperaturas (primavera-verano), del mismo modo cuando el crecimiento de los vegetales es mayor.

#### **1.1.1.5 Medida de estabilidad del compost**

En cuanto a la dimensión de la estabilidad del compost también se han propuesto diferentes métodos basados en propiedades químicas, físicas y biológicas. A continuación, (Barrena, 2006) exponen algunos de los más utilizados:

- Métodos físicos: temperatura de la pila, oxígeno, olor y color, densidad óptica de los extractos.
- Métodos químicos: contenido en materia orgánica, relación carbono nitrógeno (C/N), contenido en polisacáridos demanda química de oxígeno (DQO), concentración en sustancias húmicas, etc.
- Métodos biológicos: índice respirométrico, medido como la producción de CO<sub>2</sub> y consumo de oxígeno o generación de calor,

contenido de ATP, actividades enzimáticas, ensayos de germinación y crecimiento de las plantas, etc.

### **1.1.2 Relaves mineros**

Las aguas que arrastran de las plantas de beneficio (planta concentradora) con partículas de mineral, reactivos químicos y desmonte son considerados como relaves (Barbosa & González, 2014). Por otra parte, reportaron que las operaciones mineras tienen impactos adversos significativos en la calidad del agua (Northey *et al.*, 2016).

### **1.1.3 Residuos mineros**

Los desechos de los minerales de la mina son un subproducto de las actividades mineras. El problema es caro para remediar, por lo que a menudo permanecen sin tratar como lo afirman (Brown *et al.*, 2003). La minería a tajo abierto y subterráneo genera grandes cantidades de residuos de roca (desmonte o ganga), Después que los minerales fueron procesados y recuperados, el relave (residuos de roca) se vuelve otra forma de desechos minero, lo manifiestan (Brothers & Morales, 1993).

### **1.1.4 Meteorización**

Es la descomposición física, disgregación, desintegración, alteración biológica y química (descomposición) de las rocas en la superficie terrestre durante un tiempo determinado así lo mencionan (Las & Del, 2008).

### **1.1.5 Drenaje ácido de mina**

Durante el proceso de la explotación de diferentes depósitos de mineral (sulfuros, metálicos, carbón, hierro, uranio y otros) resultan expuestas a la superficie grandes cantidades de mineral que contienen sulfuros que generan la formación de drenajes ácidos de mina sostiene (Aduvire, 2006). El drenaje ácido de mina es resultante de la hidrólisis y la oxidación de los sulfuros metálicos asociados con las vetas de minerales y residuos mineros, así mismo es responsable de la lixiviación de grandes cantidades de elementos potencialmente dañinos como lo expresan (Pavoni *et al.*, 2018). Proveniente de relaves de sulfuro es un problema ambiental importante porque puede bajar la calidad del agua superficial a causa de su fuerte acidez y

volumen avanzado de sulfuro, hierro (Fe) y otros metales y metaloides dan a conocer (Kastyuchik *et al.*, 2017).

### **1.1.6 Formación de agua ácida**

Las soluciones ácidas pueden formarse por descomposición natural de materiales de sulfuro a través de procesos oxidativos en efluentes aguas residuales lo sostienen (Bwapwa *et al.*, 2017). Las altas acumulaciones de los metales pesados causan grandes preocupaciones medioambientales y se caracteriza por la contaminación de varios ecosistemas debido a su capacidad. de lixiviación y la presencia de bacterias muy activas lo que la hace autopropagante lo describen (Kalin *et al.*, 2006).

### **1.1.7 Composición de aguas ácidas**

El drenaje ácido de minas está compuesto por altas acumulaciones de sulfato y metales da a conocer (Torres *et al.*, 2018). Por lo tanto, los suelos contaminados por metales pesados necesitan restauración ecológica y una solución potencial para remediar los relaves de la mina o el suelo contaminado así mejorar el crecimiento de las plantas a la que se ha prestado gran atención recientemente sostienen (Jiang *et al.*, 2015; Park & Choppala, 2011). Así mismo se observa que la composición del drenaje ácido de mina varía de un sitio a otro debido a los diferentes valores de pH, temperatura y contenido de oxígeno en cada sitio como lo expresa (Bwapwa *et al.*, 2017).

### **1.1.8 Categorías de drenaje de mina**

Para establecer el tipo de drenaje es primordial realizar un estudio minucioso de las condiciones físicas del medioambiente, una caracterización de los efluentes de mina y el clima de lugar, para ello, se desarrollan muestreos de sedimentos y agua para su análisis en laboratorio y conocer las concentraciones metálicas presentes, también se recurre a la medición en el lugar de parámetros como: contenido de oxígeno, pH, potencial redox, temperatura, conductividad, Fe, acidez/alcalinidad, turbidez y otros lo menciona (Aduvire, 2006).

En 1968 White realiza una clasificación de aguas residuales de la actividad minera en función al potencial de hidrógeno (pH) agrupándolo en 6 categorías:

Tabla 1

*Clasificación de aguas residuales de mina en función al pH*

Clase	pH
Altamente ácidas	1,5 – 4,5
Blandas, ligeramente ácidas	5,0 – 7,0
Duras, neutras a alcalinas	7,0 – 8,5
Blandas, alcalinas	7,5 – 11,0
Muy salinas	6,0 – 9,0
Blandas ácidas	3,5 – 5,5

Fuente: (Aduvire, 2006).

En la tabla 1 podemos observar la clasificación del agua ácida según a los valores del pH.

### 1.1.9 Metales pesados

Los metales pesados son propios de la naturaleza y por lo general tienen un peso molecular alto lo definen (Eróstegui & Romer, 2014). La tabla periódica de elementos químicos incorpora unos 70 elementos metálicos, de los cuales 59 son “metales pesados” de todos los elementos traza hallados en suelos, hay 17 que se son como muy tóxicos y al mismo tiempo se encuentran disponibles y fáciles en varios suelos en concentraciones por encima de los niveles de toxicidad. Éstos son: Pb, Ag, Cu, As, Co, Bi, Cd, Hg, Ni, Sb, Pd, Pt, Se, Sn, Tl, Te, y Zn como lo dan a conocer (Galán & Romero, 2008).

### 1.1.10 Adsorción de metales pesados

Los compost derivados del abono orgánico de los residuos sólidos urbanos (RSU) son materiales adsorbentes prometedores, en particular de metales procedentes de residuos mineros, en el presente caso, Pb, Zn y Cd. La adsorción, la estabilidad y el potencial de desorción de estos materiales, el comportamiento a largo plazo y el riesgo medioambiental como lo plantea (Lima *et al.*, 2018). Los extractos de compost y los extractos de vermicompost a partir de muestras gruesas de compost/vermicompost ejercen una alta capacidad de remediación en el medio ambiente manifiesta (Soobhany, 2018).

### **1.1.11 Contaminación por metales pesados**

La contaminación ambiental por metales pesados se está convirtiendo cada vez más en un problema y ha pasado a ser motivo de gran preocupación debido a los efectos adversos que está causando en todo el mundo, afectando a la salud de muchas personas y todo los diagnósticos debería servir para concientizarnos ya que los contaminantes inorgánicos están siendo desechados e nuestras aguas, suelos y a la atmósfera debido al rápido crecimiento de la agricultura y la industria metalúrgica por una eliminación inadecuada de residuos lo señala (Briffa *et al.*, 2020). Así mismo es una preocupación para la administración los problemas ambientales por los metales pesados como lo hacen notar (Galán & Romero, 2008).

### **1.1.12 Límite máximo permisible**

Se define a la medición de la concentración del grado de elementos, parámetros o sustancias químicas, físicos y biológicos, que califican a un efluente o una emisión, que al ser excedida ocasiona o puede causar daños a la salud de las personas y al ambiente lo sostiene la (Ley N° 28611, 2005).

### **1.1.13 El Agua.**

Está considerada como el recurso más imprescindible para los seres vivos como la flora y la fauna, plantas, animales y personas; el cual tiene varios usos como en la cocina, en la preparación de alimentos, higiene personal y otros, dicho recurso es suministrado por redes de distribución privada y pública como lo manifiesta (Salazar, 2011). A nivel internacional, un aproximado de 2,000 millones de personas usan el agua potable contaminada por heces, pudiendo adquirir y transmitir enfermedades como disentería, cólera, diarrea, fiebre tifoidea y poliomielitis lo señala la (OMS, 1993); y provocando más de 502,000 fallecimientos por diarrea al año; Por otra parte la UNICEF (1999) las personas que presentan mayor riesgo de adquirir enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes, niños pequeños, personas débiles, adultos mayores y personas con inmunodeficiencia; la OMS (2007; OMS (2006), sugiere, que el agua antes de ser bebido debe ser hervido, por la susceptibilidad de los microorganismos.

Tabla 2

*Extracción total de agua a nivel mundial según datos de la FAO*

Uso por sector	Consumo (%)	Efluentes (%)	Extracción total de recursos hídricos (%)
Agricultura	38	32	70
Municipal	3	8	11
Industrial	3	16	19
Total (%)	44	56	100

Fuente: (Quispe, 2018)

La tabla 2 muestra el consumo de agua por sectores y lo más resaltante es que el sector de la agricultura es el quién consume más agua y extrae un 70% de recurso hídrico.

#### **1.1.14 Aguas superficiales y subterráneas para consumo humano**

Aguas superficiales surgen de precipitaciones de las nubes o de depósitos que éstas forman, que no se introduce ni regresa a la atmósfera mediante evaporación o procede de manantiales o nacimientos que provienen de las aguas subterráneas (SUNASS, 2010). Por otra parte Suzanne y Graizbord (2002), el agua subsuperficial o subterránea es aquella que se filtra a través de la superficie de la tierra y se almacena en materiales aluviales de arcilla, arena, limo, grava o los espacios porosos de las rocas o, así como en grietas de rocas duras fracturadas. Así mismo, son impactados por factores antropogénicos, acciones de origen agrícola, ganadero próximo a los acuíferos, etc. y la infiltración de aguas sin tratamiento (Hirata, 2002).

Según, Global Health & Education Foundation (2008), la zona rural es un lugar de alteración del agua superficial como lagunas, ríos y canales con heces de animales que pastorean en la zona y humanos que son arrastrados por las lluvias a las lagunas, lagos o acequias de conducción. En cambio según OMS (2011), en la zona urbana varias veces la repartición del agua se ubican en pésimas condiciones por la roturas de tuberías, la empresa abastecedora del agua siendo la responsable (Schmoll *et al.*, 2006).

La Comisión Técnica Multisectorial (2009), OMS (2011) al ser los ríos la unidad básica natural para la administración del agua, interactúan aspectos físicos, como el agua, aire, clima, suelos, subsuelo y minerales; biológicos como la flora, fauna; y antropogénicos como los socioeconómicos, culturales e institucionales, los límites



departamentales, provinciales con el ámbito de la cuenca hidrográfica o agrupación de ellas.

Salazar (2011) afirma que la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) es el quién regula el saneamiento y agua en el Perú, institución importante que facilita el marco legal para la regulación y aprobación de precios que incluyan una cantidad para el pago de servicios eco sistémicos; señalado por (Ramsar, 2008) la administración de los recursos hídricos, es comprender las relaciones entre aguas superficiales y humedales, función de la hidrología subterráneas y el mantenimiento de sus características de humedad, así mismo los servicios que facilitan estos ecosistemas.

Por otra parte, el Ministerio del Ambiente (MINAM – VMGA (2012), manifiesta que son ecosistemas vulnerables, considerados en el Art. 99° de la Ley General del Ambiente, Ley N° 28644; en la Categoría 4, de la conservación del ambiente acuático; Sub categoría E1; los lagos y lagunas, no muestran corriente constante, son de estado y origen natural lentico agregando los humedales, tanto al cuerpo de agua (laguna o lago), así mismo los afluentes superficiales (arroyos y ríos), son vías naturales que trasladan toda la carga química y física, que finalmente culminan en una laguna o lago. Amparado mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM,-VMGAL del 19 de diciembre de 2015 en diario El peruano como se muestra en la (Tabla 3).

Madigan (2009), señala que el agua es un recurso muy importante para los microorganismos porque les facilita elaborar procesos metabólicos reproductivos; medio de transporte, depósito de excretas; hábitat de las cianobacterias, algas, virus y bacterias; algunas fuentes naturales que generan malos olores en las aguas por bacterias reductoras de sulfatos, bacterias verdes azuladas descomponen el grupo químico sulfato y expulsan al exterior de la célula hidróxido de azufre generando olores a huevo podrido. Además las cianobacterias o algas azules generan geosmina, compuesto químico que da olor característico a tierra mojada (Gamazo, 2013); y De León (2007) explica, estas emisiones se generan por la floración de muchas algas, retención de las aguas, aumentando la turbidez, factores antropogénicos debido a una alteración nitrogenada que impulsa la eutrofización de las agua superficial; (OMS, 2007; Vargas, 2004).

Tabla 3

*Olores característicos de diversos compuestos*

<b>Olor característico</b>	<b>Origen del olor</b>
Balsámico	Flores
Químico	Aguas residuales de la industria
Medicamentoso	Fenol
Azufre	Ácido Sulfhídrico y Ácido Sulfúrico
Séptico	Alcantarillado
Legumbres	Hojas en descompuestas
Cloro	Cloro Residual Libre
Tierra	Arcillas húmedas y cianobacterias,

Fuente: (OMS, 2007; Vargas, 2004)

La tabla 3 muestra una clasificación de los olores característicos y su origen.

### **1.1.15 Entidades responsables en el manejo del agua en el Perú.**

DIGESA-MINSA (2011), implementó el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, con la finalidad de promover y proteger la salud, bienestar de la población; y autoridades encargadas de administrar y los supervisores son los gobiernos locales y regionales. MINAM (2017), respaldados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA, el Perú que designa, como límites máximos permisibles los parámetros parasitológicos y microbiológicos que son indicadores de calidad del agua para el consumo humano.

#### **1.1.15.1 Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS -PERÚ).**

Administrado por la Presidencia de Consejo de Ministros (2014), cuyo fin es cuidar y conservar las áreas verdes, la infraestructura natural, bosques, glaciares; y fuentes de agua con una remuneración simbólica en el recibo de agua.

#### **1.1.15.2 Ministerio de Agricultura - INRENA.**

La Dirección General de Aguas y Suelos, organiza y estudia el manejo global de los recursos hídricos.

### 1.1.16 Consideraciones básicas del agua para consumo humano.

OMS (2006) OMS (2011), señala que el ser humano puede conseguir agua para su consumo, producto de fuentes naturales o de un proceso de tratamiento, como pueden ser nevados, lagos, ríos, etc; y OPS-OMS (2004) explica el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano que especifica los parámetros organolépticos, microbiológicos, y químicos, que debe cumplir el agua consumible y descarta las bacterias coliformes (*Escherichia coli*, común de ellas). Al aumentarse de manera abrupta, puede generar infecciones intestinales; no debe contener larvas de gusanos, huevos, protozoarios, entre otros que son negativos para la salud humana. (Aurazo, 2004; OMS, 2011).

(DIGESA-MINSA, 2011; OMS, 2011), consideran como factor importante, que el agua apta para el consumo de las personas este salubre, limpia, libre de parásitos o microorganismos que son riesgo para la salud de las personas; señalan parámetros cuyas propiedades deben considerarse, así como olor, color, sabor, pH entre otros factores:

- **El color:** primer parámetro importante para establecer si el agua puede ser de uso doméstico; y la potabilidad, se establece cuando es incolora; cuando el agua presenta turbidez o presenta cierto color, reduciendo su calidad.
- **El olor:** el agua potable no debe tener olor; indican que está o ha estado en contacto con productos químicos, materia orgánica o bacterias.
- **El sabor:** principal factor que define la pureza y calidad; y está asociada como agua de mala calidad, ocurre principalmente por la presencia de bacterias o algas.

### 1.1.17 Contaminación del agua

La contaminación del agua es la concentración de sustancias tóxicas así mismo vertimientos de fluidos en un sistema acuático (río, cuenca, mar, etc.) contaminando la calidad del agua (Ministerio del Ambiente, 2016).

### 1.1.18 Clasificación de tipos de agua

El Ministerio del Ambiente en el Perú clasifica al agua según a los usos que se le puede dar en los Estándares de Calidad Ambiental para el agua D.S. N° 004-2017-MINAM normativa peruana.

Tabla 4

*Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable*

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Arsénico	mg/l	0,01	0,01	0,15
Cadmio	mg/l	0,003	0,005	0,01
Mercurio	mg/l	0,001	0,002	0,002
Plomo	mg/l	0,01	0,05	0,05
Potencial de hidrógeno	unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9, 0

Fuente: (MINAM, 2017)

La tabla 4 muestra los parámetros y sus cantidades máximas que deben contener para ser usado como destinadas a la producción de agua potable.

Tabla 5

*Subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación*

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto Primario	Contacto secundario
Arsénico	mg/l	0,01	**
Cadmio	mg/l	0,01	**
Mercurio	mg/l	0,001	**
Plomo	mg/l	0,01	**
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	6,0 – 9,0	**

Fuente: (MINAM, 2017)

La tabla 5 muestra los parámetros y sus concentraciones máximas que debe tener para ser utilizadas para la recreación.

Tabla 6

*Subcategoría C: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales*

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivos de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
Arsénico	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,1
Cadmio	mg/l	0,01	0,01	**	0,01
Mercurio	mg/l	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Plomo	mg/l	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0 - 9,0

Fuente: (MINAM, 2017)

La tabla 6 muestra los diferentes parámetros y su concentración máxima en el agua para ser utilizado en la extracción cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

Tabla 7

*Subcategoría D: Riego de vegetales y bebida de animales*

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (C)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/l		0,1	0,2
Cadmio	mg/l		0,01	0,05
Mercurio	mg/l		0,001	0,01
Plomo	mg/l		0,05	0,05
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH		6,5 – 8,5	6,5 – 8,4

Fuente: (MINAM, 2017)

La tabla 7 muestra los parámetros y sus concentraciones máximas para ser utilizado en riego por vegetales y bebida de animales.

Tabla 8

*Subcategoría E: Conservación del ambiente acuático*

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Arsénico	mg/l	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Cadmio	mg/l	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Mercurio	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Plomo	mg/l	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH	6,5 – 9,0	6,5 – 9,0	6,5 – 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5

Fuente: (MINAM, 2017)

La tabla 8 muestra los parámetros y sus concentraciones máximas en el agua para su conservación del ambiente acuático.

## 1.2 Antecedentes

La minería está cada vez más asociada con el riesgo del agua, tanto en términos de acceso al agua y calidad del agua circundante (Thomashausen *et al.*, 2018). Por otra parte, el drenaje ácido de mina (DAM) es una fuente importante de contaminación del agua dulce en todo el mundo, por lo cual, Sin embargo, como se ha encontrado en este estudio, mientras que el (DAM) rico en ácidos y metales tiene un impacto sustancial en la biota, todavía existe una biodiversidad sustancial, con tolerancia derivada de la publicidad natural biorremediación (Dean *et al.*, 2019).

Los impactos del agua también están cada vez más en el centro de los conflictos sociales entre las comunidades locales y las compañías mineras (Thomashausen *et al.*, 2018).

El suelo desempeña un papel muy importante en la seguridad alimentaria y los efectos adversos de la contaminación con metales pesados en la calidad de los cultivos han amenazado la salud humana por lo tanto es importante centrarse en la seguridad alimentaria y en la contaminación e suelos agrícolas (Qin *et al.*, 2021). Por lo tanto, los suelos contaminados por metales pesados necesitan restauración ecológica y una solución potencial para remediar los relaves de la mina o el suelo contaminado para mejorar el crecimiento de las plantas a la que se ha prestado gran atención recientemente (Jiang *et al.*, 2015; Park & Choppala, 2011).

El biocarbon y el compost pueden ser considerados como buenos candidatos para la Fito estabilización de los suelos mineros contaminados por elementos potencialmente tóxicos como los metales pesados Cd, Pb y Zn ya que libera nutrientes en el suelo y favorece en el crecimiento de las plantas (Visconti *et al.*, 2020). Por otra parte el uso de vermicompost y zeolita, genera máximas capacidades de metal que logran retener 20% del contenido metálico lo manifiesta (Layme, 2020).

El proceso de compostaje puede disminuir obviamente el zinc y el cobre biodisponibles, además, la adición de cal puede aumentar considerablemente la tasa de la fracción no biodisponible de zinc en comparación con el control, mientras que el cobre apenas se vio afectado. Por lo tanto, la cal puede utilizarse como material de desecho ideal para el co-compostaje con estiércol de porcino para acelerar el ciclo de compostaje y promover la utilización de sustancias orgánicas lo manifiestan (Chen *et al.*, 2021).

La adición del biochar de cascara de coco del 7,5% al compostaje de estiércol de aves de corral fue capaz de reducir significativamente los parámetros fisicoquímicos en las bacterias resistentes a los metales pesados de Cu y Zn, alterando los principales huéspedes bacterianos potenciales como de Firmicutes (52,88-14,32%), Actinoacteria (35,20-4,99), Bacteroidetes (0,05-15,07) y proteínas (0,01-14,32%) (Awasthi *et al.*, 2021).

La contaminación por metales pesados afecta a la función ecológica del suelo, donde el compost mejoró más que el biocarbon en la conversión del nitrógeno en el suelo y remedian eficazmente los metales pesados incrementando los nutrientes del suelo dan a conocer (Li *et al.*, 2021).

El compost con la humificación con zeolitas a través de la adsorción tienen un efecto de pasivación de los metales pesados reduciendo el Cu en 45,13%, Cd en 16,11% y Pb en 25,49% durante el compostaje aeróbico (Cui *et al.*, 2021).

La aplicación del biocarbon co-compostado mejora el estado del suelo y el rendimiento de la productividad de los cultivos hasta en un 300% en algunos casos concretos, y reducir la contaminación por metales pesados (Antonangelo *et al.*, 2021).

En las pruebas de campo a una escala piloto de cuatro sustratos orgánicos como el compost de estiércol de vaca, compost de hongos, serrín y paja de arroz, donde los sustratos mixtos mostraron una eficiencia en la eliminación de metales pesados en el orden Al (100%)>Fe(68 a 92%)>Mn(49 a 61) (Song *et al.*, 2012).

El cadmio, plomo y el mercurio son altamente mantenidos por el suelo con remediación de vermicompost y cal. Se determinó que la remediación más efectiva para retener el arsénico en el suelo fue el uso de la cal. En general, los suelos remediados con biochar, vermicompost y cal muestran comportamientos positivos para la biodisponibilidad de metales pesados (Cd, Pb, As y Hg), ya que reduce la fitotoxicidad en las plantas (Martínez & Marrugo, 2021).

El compost de estiércol lácteo tiene la capacidad de adsorción de metales pesados aplicando la isoterma de Langmuir fueron de 0,460 mmol/g para el Pb, 0,428 mmol/g para el Cu y 0,237 mmol/g para el Zing a un pH de 4,0 y podría ser un potencial en el tratamiento de metales pesados en el drenaje ácido de minas (Zhang, 2011).

La generación del drenaje ácido de mina es poco probable en sitios donde presenta gran cantidad de  $\text{CaCO}_3$  porque neutraliza los sulfuros presentes en el suelo (Salas *et al.*, 2020). El encalado convencional logra la neutralización mediante la reducción del pH y el consumo estequiométrico de azufre, pero conduce a la creación de residuos secundarios inestables (Kalin *et al.*, 2006).

Los desechos mineros acumulados en las presas de relaves en la mina Concordia fueron erosionados generando recubrimiento en su alrededor, además durante este proceso se genera un drenaje altamente ácido rico en Fe, Cu, Pb y Zn como consecuencia la calidad del agua del arroyo se ve afectada, teniendo valores de pH bajos ( $\text{pH} < 4$ ) y concentraciones de metales pesados que sobrepasan los valores de referencia para el agua potable (Nieva *et al.*, 2018).

Las aguas que fluyen de la mina Salafossa no son ácidas debido a un efecto amortiguador que genera las rocas carbonatadas, pese a que presentan altas concentraciones en Zn y Fe se diluyen gracias al efecto amortiguador (Pavoni *et al.*, 2018).

La interacción del agua de lluvia o agua de deshielo con los productos de oxidación de la pirita conduce a la generación de altas concentraciones de As en las aguas de DAM, especialmente en el lago de foso ácido Podwiśniówka litro (Migaszewski *et al.*, 2018).

Un tratamiento combinado de piedra caliza primero y bario después dispersado en una matriz inerte y porosa de virutas de madera fue capaz de eliminar la acidez, los metales y el sulfato de un DAM altamente ácida. Con un tiempo de residencia de 30 h, la caliza



elevó el pH a 6 y eliminó Fe(III), Al, Pb, Cu y hasta un 70% de sulfato (hasta 1800 mg/L) (Torres *et al.*, 2018).

Una sola aplicación de cal y/o cal + compost mantenía el pH estable durante seis años y en contraste seis años después de la aplicación de la enmienda, el contenido de materia orgánica disminuyó, pero seguía siendo más alto que en el suelo no enmendado (Pardo *et al.*, 2018).

El compost secundario de residuos sólidos municipales (SC) y compost secundario tratado con vinagre de madera (WV- SC) para investigar la capacidad de adsorción de metales pesados simples y sistemas multimetálicos. La secuencia de adsorción de WV- SC para las capacidades máximas de absorción de metales individuales fue Cd (42,7 mg g<sup>-1</sup>)>Cu (38,6 mg g<sup>-1</sup>)>Zn (34,9 mg g<sup>-1</sup>)>Ni (28,7 mg g<sup>-1</sup>) y fue superior a la de la isoterma de adsorción de SC (Liu *et al.*, 2018).

La estrategia de gestión de la intervención para mitigar la ecotoxicidad en un suelo contaminado con metales pesados se evaluó a través de un nuevo ensayo de técnica de remediación de suelos mediante el uso de extractos de compost y vermicompost de residuos sólidos urbanos (RSU). Este estudio reveló que los extractos de compost y los extractos de vermicompost a partir de muestras gruesas de compost/vermicompost ejercen una alta capacidad de remediación que ayuda a disminuir los suelos metalíferos y a reducir la entrada de contaminantes en el medio ambiente (Soobhany, 2018).

Los compost derivados del abono orgánico de los RSU son materiales adsorbentes prometedores, en particular de metales procedentes de residuos mineros, en el presente caso, Pb, Zn y Cd. La adsorción, la estabilidad y el potencial de desorción de estos materiales, el comportamiento a largo plazo y el riesgo medioambiental (Lima *et al.*, 2018).

El proceso de compostaje genera compost orgánico con una alta capacidad de retención de metales para elementos potencialmente tóxicos (PTE) (Lima *et al.*, 2018). Sin embargo la combinación de compost + biochar + Brassica juncea L. es la mejor combinación para reducir las concentraciones de metales en un suelo de este tipo (Forján *et al.*, 2018).

Los extractos de compost y los extractos de vermicompost a partir de muestras gruesas de compost/vermicompost ejercen una alta capacidad de remediación en el medio



ambiente (Soobhany, 2018). Uno de los métodos de tratamiento recomendados es el uso de materias primas de segunda generación (biomasa lignocelulósica), para el tratamiento del DAM (Karl *et al.*, 2018).

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Identificación del problema

Según el contexto global, las operaciones mineras abandonadas tienen un gran impacto medio ambiental ya que presentan contaminación de las aguas superficiales, subterráneas y afectando los paisajes de su forma natural, la minería informal es la actividad que genera mayor cantidad de drenaje ácido de mina al no cumplir con el tratamiento de sus efluentes líquidos, así como de sus relaveras y desmonteras. En países como Perú, Chile y Bolivia es conocido dios problemas como Pasivos Ambientales Mineros (PAM) mientras tanto que, en países como en los EEUU y Canadá los mencionados problemas se les conoce como deudas ambientales (environmental liabilities) o sitios huérfanos (orphaned sites). La definición para los pasivos ambientales mineros es "un área donde existe la necesidad de restaurar, mitigar o compensar por un daño ambiental, producido por actividades mineras inactivas o abandonadas que pone en riesgo la salud, calidad de vida y la biodiversidad".

En el contexto nacional, el Ministerio de Energía y Minas del Perú informa que se tiene registrado 8000 pasivos ambientales mineros, el Perú desde la época inca fue y es productor de diferentes minerales, existen minas que fueron explotadas por los españoles y no fueron remediados los pasivos ambientales, posterior a esto en el Perú se realizó la explotación de los minerales por diferentes empresas y en la época del terrorismo década (1980 a 1990) estas empresas abandonaron las unidades mineras sin ejecutar el cierre de mina y hasta la actualidad podemos evidenciar los pasivos medio ambientales. Nuestra legislación respecto a la minería fue muy débil incluso no hubo leyes que exigieran mitigar los daños al medio ambiente. Uno de los pasivos ambientales más comunes es el

drenaje ácido de mina que contienen valores de pH menores a 7, que contienen metales pesados entre ellos Zn, Mn, Mg, Cu, Pb y As que provienen de las disoluciones del material sulfurado, minerales expuestos a la intemperie y canchas de relave abandonados. Este problema si no es mitigado o remediado a tiempo puede causar un gran daño a los ríos bajando la calidad del agua y al suelo dejando zonas áridas con un riesgo de la desaparición del hábitat natural.

Respecto al contexto local, el departamento de Puno tiene registrado 1129 pasivos ambientales mineros y el 80% de las instalaciones son abandonadas por empresas mineras que no tienen responsables identificados, actualmente en la región de Puno se tiene problemas de conflictos ambientales a consecuencia de la actividad minera ya que se continúa con los vertimientos a los ríos las aguas residuales de las empresas mineras conteniendo drenaje ácido de mina sin ningún tratamiento, afectando directamente a las comunidades que se dedican a la actividad agropecuaria, ganadera y afectando la biodiversidad acuática.

## **2.2 Enunciados del problema**

### **2.2.1 Problema general**

¿Cuál es el efecto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI?

### **2.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es el comportamiento del pH y metales pesados (Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo) después de aplicar el tratamiento con el compost de residuos orgánicos urbanos respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para el agua D.S. N° 004-2017-MINAM?
- ¿Cuál es la cantidad y tiempo óptimo de las propuestas de (20g, 40g, 60g) de compost y (24hrs, 48hrs, 72hrs) de contacto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación de 500ml del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI?

## **2.3 Justificación**

El presente trabajo se justifica al existir la necesidad de remediar los pasivos ambientales mineros en la región de Puno y un caso particular es el drenaje ácido de mina, el que está

afectando la calidad del agua, calidad de vida y la biodiversidad del medio ambiente. Otro punto es que en nuestra actualidad generamos cada día residuos orgánicos en todos los hogares, el cual no recibe ningún tratamiento; sería interesante obtener compost de residuos orgánicos urbanos y utilizarlo como una alternativa para remediar las aguas ácidas de mina en forma ecológica sin dañar a nuestro medio ambiente. Sería una alternativa para que las comunidades inicien con la obtención de compost de material orgánico doméstico, así las empresas mineras puedan adquirirla dicho compost y mantener las relaciones comunitarias de manera positiva sin problemas, generando puestos de trabajo indirectamente.

Este trabajo de investigación se realizó porque la Escuela de Posgrado de la UNA-Puno cuenta con un doctorado de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, está en nuestra responsabilidad generar conocimientos para poder solucionar este tipo de problema que afecta al medio ambiente en especial los drenajes ácidos de mina, así plantear alternativas de solución y no estar aislados de la sociedad.

Este trabajo es una alternativa para evitar el consumo de cal por las empresas mineras en la estabilización de los drenajes ácidos de mina, ya que para la obtención de la cal se tiene que cocinar la roca caliza, generando grandes quemas en hornos produciendo gran cantidad monóxido de carbono, el cual es dañino para nuestro medio ambiente, la generación de calor durante la quema de la roca caliza llega a un promedio de los 1000 grados centígrados aportando directamente al calentamiento global de nuestro planeta, por otra parte la elaboración del compost ayuda a reutilizar los residuos orgánicos urbanos, genera puestos de trabajo en forma indirecta, de esta manera el uso del compost de residuos orgánicos urbanos aporta en la remediación de drenaje ácido de mina, en el cuidado del medio ambiente y es una alternativa para disminuir el calentamiento global.

## **2.4 Objetivos.**

### **2.4.1 Objetivo general**

Determinar el efecto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI.

### 2.4.2 Objetivos específicos

- Comparar el comportamiento del pH y metales pesados (Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo) después de aplicar el tratamiento con el compost de residuos orgánicos urbanos respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para el agua D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Determinar la cantidad y tiempo óptimo de las propuestas de (20g, 40g, 60g) de compost y (24hrs, 48hrs, 72hrs) de contacto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación de 500ml del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI.

## 2.5 Hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

Existe un efecto positivo del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

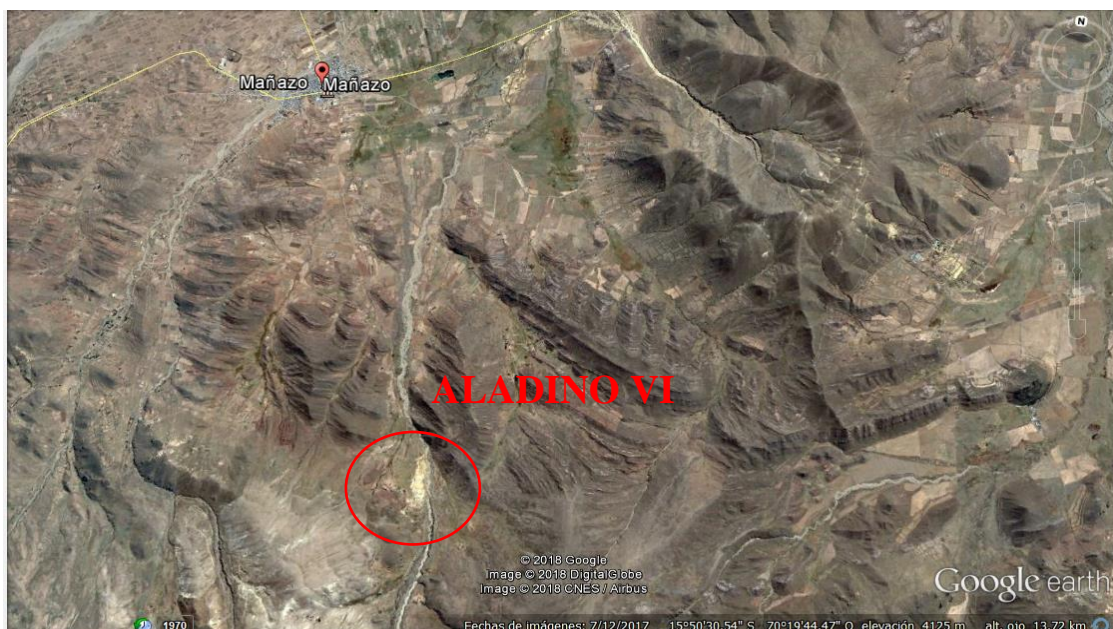
- El comportamiento del pH y metales pesados (Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo) después de aplicar el tratamiento con el compost de residuos orgánicos urbanos presenta una disminución respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para el agua D.S. N° 004-2017-MINAM.
- La mayor cantidad y mayor tiempo es el óptimo de las propuestas de (20g, 40g, 60g) de compost y (24hrs, 48hrs, 72hrs) de contacto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación de 500ml del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Mayor de San Andrés Bolivia, la población y muestras de estudio está situado en el departamento de Puno, provincia de Puno y distrito de Mañazo en la ex unidad minera Aladino VI, en las coordenadas E357701, N8248437 a una elevación de 4120 m.s.n.s.



*Figura 2.* Ubicación de la zona de estudio

Fuente: imagen de Google earth

Así mismo se puede observar la zona de estudio en el anexo 6 (foto A y B)

### 3.2 Población

La población de estudio para el trabajo de investigación se consideró al drenaje ácido de mina acumulado en una poza de concreto con un área de 3mx6m y 0.85m de profundidad, llegando a un promedio de 15.3m<sup>3</sup> igual a 15300 litros de DAM del proyecto minero Aladino VI, ya que se encuentra en contacto directo con el medio ambiente. Así mismo se puede observar la poza en el anexo 6 foto B.

### 3.3 Muestra

La muestra para el trabajo de investigación se consideró 10 litros del drenaje ácido de mina, elegido por un muestreo probabilístico compuesta, ya que se acumuló los 10 litros de DAM de 10 puntos diferentes de la poza donde está acumulado el DAM.

### 3.4 Método de investigación

El trabajo de investigación presenta un enfoque cuantitativo, tipo de investigación experimental y con un diseño de experimento puro porque se realiza la manipulación de la variable independiente y se tuvo dos grupos durante el estudio el grupo experimental y el grupo control.

RG1	X	O1
RG2	-	O2

RG1 = grupo experimental

RG2 = grupo control

X = estímulo

O = medición



### 3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos.

#### A. Comportamiento del pH y metales pesados (Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo) después de aplicar el tratamiento con el compost de residuos orgánicos urbanos respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para el agua D.S. N° 004-2017-MINAM.

- Para este objetivo se realizó la medición del pH con el equipo digital de lectura directa antes de aplicar el tratamiento con compost de residuos orgánicos urbanos, luego una vez que se aplica el tratamiento con compost se realizó la medición del valor de pH.
- Para determinar la concentración de elementos metálicos (Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo) se realizó mediante el *Satandard Methods - Environmental Protection Agency* en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia. Las mediciones se realizaron según a las cantidades y tiempo establecidos en la tabla 8 con la finalidad de encontrar el tiempo y cantidad óptimo de la remediación de 500ml de drenaje ácido de mina con 03 repeticiones para cada tratamiento.

Tabla 9

*Análisis de muestra sin tratamiento y muestras con tratamientos de compost óptimos*

Tipo de prueba	Tiempo	Muestras	Cantidad de compost
Pre - prueba	0 hrs	Sin tratamiento	---
Post - prueba	24 hrs	Con tratamiento	C1
	48 hrs		C2
	72 hrs		C3

En la tabla 9 se puede observar las muestras que tuvieron un tratamiento en un tiempo determinado respecto a la muestra control.

- Se realizó una comparación del promedio de los resultados emitidos por el Laboratorio de Calidad Ambiental respecto con los Estándares de

Calidad Ambiental para el agua D.S. N° 004-2017-MINAM normativa peruana.

**B. Determinar la cantidad y tiempo óptimo de las propuestas de (20g, 40g, 60g) de compost y (24h, 48h, 72h) de contacto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación de 500ml del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI.**

Las muestras de drenaje ácido de mina se tomaron del proyecto minero Aladino VI y fueron trasladadas al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional San Andrés de Bolivia donde se procedió a ejecutar los tratamientos al drenaje ácido de mina con el compost de residuos orgánicos urbanos, se tuvo 10 muestras de 500 ml donde se le aplicó compost de residuos orgánicos urbanos a 03 muestras la cantidad de 20g, a 03 muestras la cantidad 40g, a 03 muestras la cantidad de 60g y se tuvo 01 muestra de control con 0g de compost.

**a) Diseño de muestreo.**

Se ubicaron 10 puntos de muestreo sumando una cantidad total de 10 litros de drenaje ácido de mina, se utilizó recipientes de plástico esterilizados de un litro de capacidad las que fueron refrigeradas a 4° durante su transporte hasta el laboratorio.

Tabla 10

*Cantidad óptima en la remediación de drenaje ácido de mina*

Item	Tiempo	Cantidad de compost de residuos orgánicos urbanos			
		0 g	20 g	40 g	60 g
01	24 hrs	C1	C2	C3	C4
02	48 hrs	C1	C2	C3	C4
03	72 hrs	C1	C2	C3	C4

Se realizaron las mediciones de control del valor de pH en diferentes tiempos para poder determinar el tiempo óptimo en la remediación del drenaje ácido de mina, utilizando un equipo de medición digital portátil de

lectura directa o multiparamétrico siguiendo todos los protocolos que corresponden.

La tabla 10 muestra los grupos de análisis que se aplicó ya sea en diferentes tiempos y cantidades de compost.

Tabla 11

*Tiempo óptimo en la remediación de drenaje ácido de mina*

Tiempo	Control	24 horas			48 horas			72 horas		
Cantidad de compost	0g	20g	40g	60g	20g	40g	60g	20g	40g	60g
pH										
As										
Cd										
Pb										
Hg										

La tabla 11 muestra la distribución de los análisis para determinar el tiempo óptimo en la remediación del drenaje ácido de mina.

**C. Determinar el efecto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI.**

Para lograr con este objetivo se realizó una medición a los resultados de los experimentos respecto a la prueba control, determinando el efecto que genera el compost de residuos orgánicos urbanos en el drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI.

**3.5.1 Variables de estudio**

Las variables que se analizaron en el trabajo de investigación son los siguientes:

**a) Variable independiente**

Compost de residuos orgánicos urbanos

**b) Variable dependiente**

Remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI

**c) Variable interviniente**

El tiempo

Tabla 12

*Operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Variable independiente:</b>			
Compost de residuos orgánicos urbanos	Compost con estiércol de ovino	pH	0,1,2,3... 14
		Conductividad eléctrica	dSm <sup>-1</sup>
	Compost con estiércol de vacuno	Materia orgánica	%
		Nitrógeno	%
Compost con estiércol de ave	Fósforo	ppm	
	Potasio	ppm	
<b>Variable dependiente:</b>			
Remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI	Nivel de acidez.	Valor de pH	0,1,2...14
		Concentraciones de metales pesados	Presencia de:
		Arsénico	mg/l
		Cadmio	mg/l
		Mercurio	mg/l
	Plomo	mg/l	

### 3.5.2 Descripción detallada del uso de materiales, equipos, instrumentos

- Vehículo para el transporte
- Recipientes de plásticos esterilizados
- Cordel
- Cooler para transporte de muestras
- Peachímetro digital
- Horno de espectrometría de absorción atómica.
- Balanza
- Vasos
- Reloj
- Compost (anexo 7 foto D) de residuos orgánicos domésticos con adición de estiércol de ovino con las siguientes características:
  - pH 8,42
  - C.E. dS/m 7,74
  - %M.O. 51,52
  - %C 28,62
  - %N 1,81
  - C/N 15,8
  - %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2,66
  - %K<sub>2</sub>O 2,06
  - Coliformes fecales NMP = Negativo
  - Coliformes totales NMP = Mayor a 2400/100ml
  - Recuento total de bacterias aerobias mesófilas = 1185200 UFC/g

### 3.5.3 Aplicación estadística

Ya que fue un diseño completamente al azar, se utilizó la prueba estadística denominada “F” de Snedecor y el análisis de la varianza (ANOVA) en el software STATGRAPHICS 19 Centurion, así mismo para la estadística descriptiva se utilizó el Software Excel.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultado para el primer objetivo específico:

Comparar el comportamiento del pH y metales pesados (Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo) después de aplicar el tratamiento con el compost de residuos orgánicos urbanos respecto a los Estándares de Calidad Ambiental para el agua D.S. N° 004-2017-MINAM.

#### Equivalencias empleadas

Col\_1(TRAT)

Tratamiento

1	Control
2	20g 24 horas
3	40g 24 horas
4	60g 24 horas
5	20g 48 horas
6	40g 48 horas
7	60g 48 horas
8	20g 72 horas
9	40g 72 horas
10	60g 72 horas

Col\_2(pH)

Col\_3(Arsénico)

Col\_4(Cadmio)

Col\_5(Mercurio)

Col\_6(Plomo)

#### 4.1.1. Resultado pH - ANOVA para el pH según variedad de tratamientos

Para ello la variable dependiente es el nivel de pH, que fue sometido a la variedad de los factores del tratamiento; expresado en 03 tiempos (24, 48 y 72 horas) y 03 cantidades (20g, 40g y 60g). el número de observaciones analizadas en total fue de 30. Como procedimiento estadístico se ejecutó un análisis de varianza de un factor para el nivel del pH. Construyéndose varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios del pH para los diferentes niveles del Tratamiento. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples dirá cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 13

*Resumen estadístico para el nivel de pH*

Col_1	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo	Rango
1	3	2,52	0,0754983	2,99597%	2,44	2,59	0,15
2	3	2,8	0,0781025	2,78937%	2,71	2,85	0,14
3	3	3,3	0,174356	5,28351%	3,1	3,42	0,32
4	3	3,9	0,3	7,69231%	3,6	4,2	0,6
5	3	2,9	0,360555	12,4329%	2,6	3,3	0,7
6	3	3,7	0,34641	9,36244%	3,3	3,9	0,6
7	3	4,9	0,264575	5,39949%	4,7	5,2	0,5
8	3	2,9	0,264575	9,12328%	2,7	3,2	0,5
9	3	3,4	0,264575	7,78162%	3,2	3,7	0,5
10	3	6,2	0,360555	5,81541%	5,8	6,5	0,7
Total	30	3652	1,11049	30,4077%	2,44	6,5	4,06

La tabla 13 muestra diferentes estadísticos para los niveles del pH para cada uno de los 10 niveles de Tratamiento. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de promedio. En la siguiente Gráfica de Medias se puede observar el comportamiento de los promedios para los distintos tratamientos.

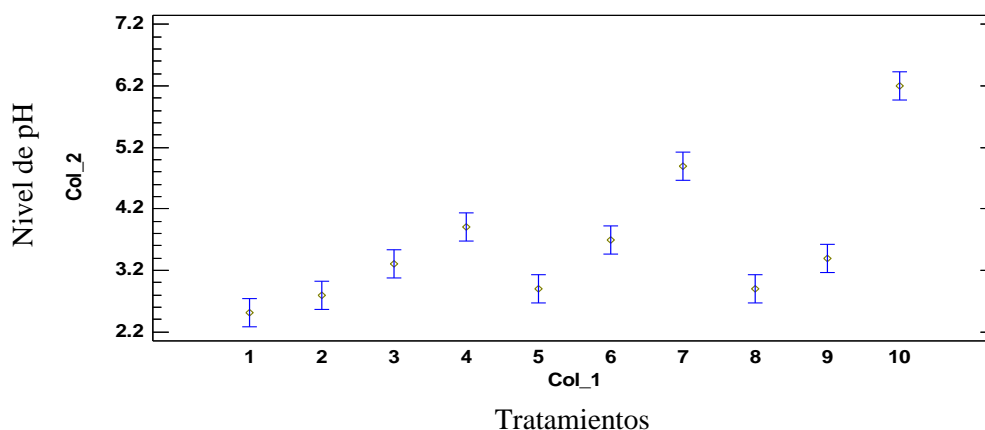


Figura 3. Medias y 95,0% de Fisher LSD - pH

Observando la figura 3 se aprecia que los que presentan bajos niveles de pH son 2 (20 g 24 hrs), 5 (20 g 48 hrs) y el 8 (20g 72 hrs) por ser muy similares al tratamiento de control, asimismo el nivel de pH es muy parecido cuando se aplica 3 (40 g 24 hrs), 6 (40 g 48 hrs) y 8 (40g 72 hrs), en cambio existe una variación significativa cuando se aplica 4 (60 g 24 hrs), 7 (60 g 48 hrs) y 10 (60g 72 hrs) evidenciándose tanto en tiempo como en cantidad.

Tabla 14

Tabla ANOVA para niveles de pH según tratamientos

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	34,3181	9	3,81312	52,80	0,0000
Intra grupos	1,4444	20	0,07222		
Total (Corr.)	35,7625	29			

La tabla 14 muestra el ANOVA descompone la varianza del nivel del pH en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La



razón-F, que en este caso es igual a 52,7987, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del pH entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Luego para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realiza la Prueba de Múltiples Rangos, resultando:

### Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Tratamiento

Tabla 15

Método: 95,0 porcentaje LSD - pH

Col_1	Casos	Media	Grupos homogéneos
1	3	2,52	X
2	3	2,8	X
8	3	2,9	XX
5	3	2,9	XX
3	3	3,3	XX
9	3	3,4	X
6	3	3,7	XX
4	3	3,9	X
7	3	4,9	X
10	3	6,2	X

El Anexo 1 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 33 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. A inicios del capítulo IV, se han identificado 6 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. En la tabla 15 no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

#### 4.1.2 Resultado Arsénico - ANOVA Simple - Col\_3 por Col\_1.

- Variable dependiente: Col\_3 (Arsénico)
- Factor: Col\_1 (TRAT)

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 10

#### El StatAdvisor

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Col\_3. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Col\_3 para los 10 diferentes niveles de Col\_1. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 16

*Resumen estadístico para Col\_3 - Arsénico*

Col_1	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo
1	3	2,1	0,05	2,38095%	2,05	2,15
2	3	0,081	0,00360555	4,4513%	0,078	0,085
3	3	0,049	0,00264575	5,39949%	0,047	0,052
4	3	0,027	0,00360555	13,3539%	0,024	0,031
5	3	0,062	0,0043589	7,03048%	0,057	0,065
6	3	0,022	0,003	13,6364%	0,019	0,025
7	3	0,000813333	0,0000862168	10,6004%	0,00072	0,00089
8	3	0,06	0,0264575	44,0959%	0,04	0,09
9	3	0,035	0,002	5,71429%	0,033	0,037
10	3	0,000573333	0,0000680686	11,8724%	0,00052	0,00065
Total	30	0,243739	0,630019	258,482%	0,00052	2,15

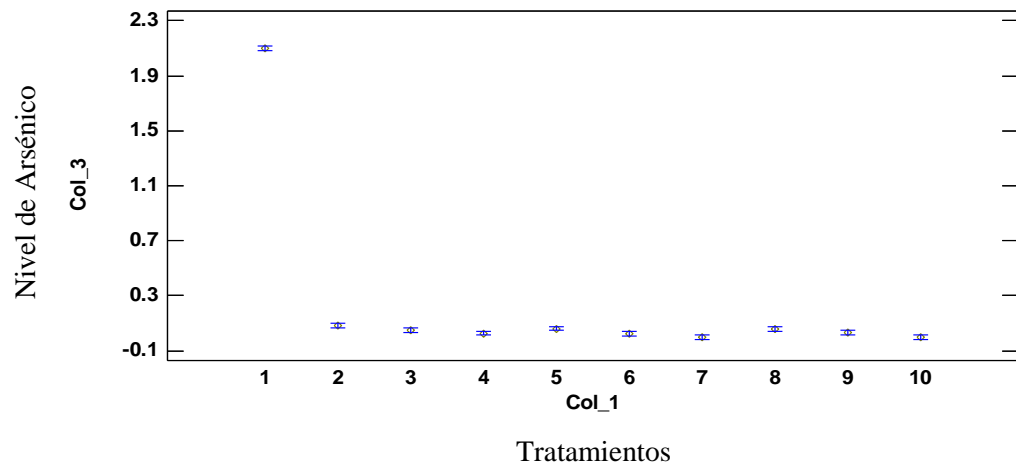


Figura 4. Medias y 95,0% de Fisher LSD - Arsénico

Tabla 17

Resumen estadístico para Col\_1

Col_1	Rango	Sesgo estandarizado	Curtosis estandarizada
1	0,1	0	
2	0,007	0,814636	
3	0,005	1,03086	
4	0,007	0,814636	
5	0,008	-1,15263	
6	0,006	0	
7	0,00017	-0,592126	
8	0,05	1,03086	
9	0,004	0	
10	0,00013	0,962585	
Total	2,14948	6,26596	7,03824

### El StatAdvisor

Esta tabla 16 muestra diferentes estadísticos de Col\_3 para cada uno de los 10 niveles de Col\_1. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

ADVERTENCIA: Hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande. Esto puede causar problemas puesto que el análisis de varianza asume que las desviaciones estándar de todos los niveles son iguales. Seleccione Verificación de Varianza de la lista de Opciones Tabulares para ejecutar una prueba estadística formal para la diferencia entre las sigmas. Podría considerar transformar los valores de Col\_3 para eliminar cualquier dependencia de la desviación estándar de la media.

Tabla 18

*Tabla ANOVA para Col\_3 por Col\_1*

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	11,5043	9	1,27825	3915,00	0,0000
Intra grupos	0,00653002	20	0,000326501		
Total (Corr.)	11,5108	29			

### El StatAdvisor

La tabla 18 muestra el ANOVA que descompone la varianza de Col\_3 en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 3915.0, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Col\_3 entre un nivel de Col\_1 y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

**Pruebas de Múltiple Rangos para Col\_3 por Col\_1 (Arsénico por Tratamiento)**

Tabla 19

*Método: 95,0 porcentaje LSD - Arsénico*

Col_1	Casos	Media	Grupos homogéneos
10	3	0,000573333	X
7	3	0,000813333	X
6	3	0,022	XX
4	3	0,027	XX
9	3	0,035	XX
3	3	0,049	XX
8	3	0,06	XX
5	3	0,062	XX
2	3	0,081	X
1	3	2,1	X

El anexo 2 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 27 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior del capítulo IV, se han identificado 5 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. La tabla 19 muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**4.1.3 Resultado Cadmio - ANOVA simple - Col\_4 por Col\_1.**

- Variable dependiente: Col\_4 (Cadmio)
- Factor: Col\_1 (TRAT)

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 10

## El StatAdvisor

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Col\_4. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Col\_4 para los 10 diferentes niveles de Col\_1. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 20

### *Resumen estadístico para Col\_4 - Cadmio*

Col_1	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo	Rango
1	3	3,0	0,2	6,66667%	2,8	3,2	0,4
2	3	2,1	0,360555	17,1693%	1,7	2,4	0,7
3	3	1,8	0,266271	14,7928%	1,55	2,08	0,53
4	3	1,6	0,269072	16,817%	1,38	1,9	0,52
5	3	1,9	0,20664	10,8758%	1,71	2,12	0,41
6	3	1,6	0,17	10,625%	1,43	1,77	0,34
7	3	1,2	0,31225	26,0208%	0,85	1,45	0,6
8	3	1,9	0,173205	9,11606%	1,8	2,1	0,3
9	3	1,7	0,2	11,7647%	1,5	1,9	0,4
10	3	0,8	0,264575	33,0719%	0,6	1,1	0,5
Total	30	1,76	0,59297	33,6915%	0,6	3,2	2,6

## El StatAdvisor

La tabla 20 muestra diferentes estadísticos de Col\_4 para cada uno de los 10 niveles de Col\_1. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

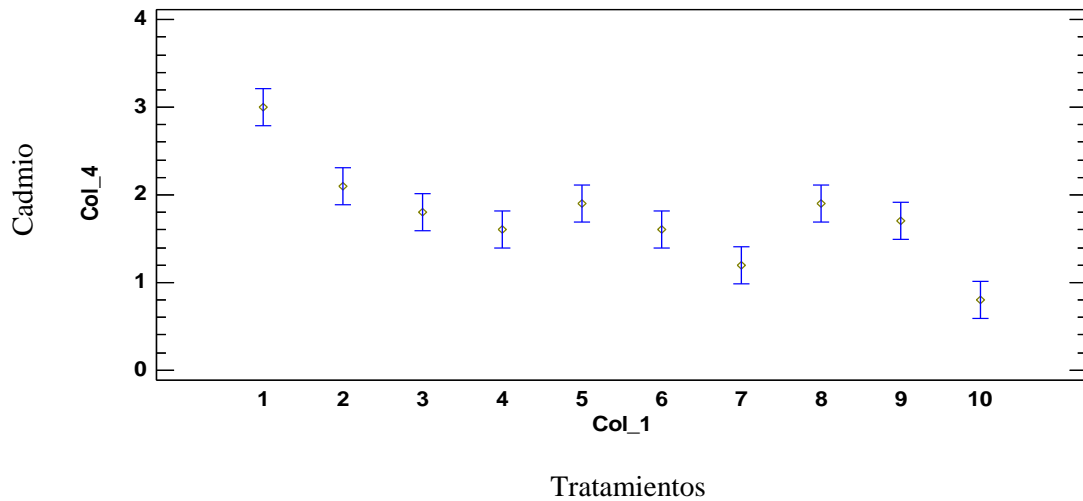


Figura 5. Medias y 95,0% de Fisher LSD - Cadmio

Tabla 21

Resumen estadístico para Col\_1

Col_1	Sesgo estandarizado	Curtosis estandarizada
1	0	
2	-0,814636	
3	0,353955	
4	0,862429	
5	0,452224	
6	0	
7	-0,914531	
8	1,22474	
9	0	
10	1,03086	
Total	0,964531	0,920615

Tabla 22

Tabla ANOVA para Col\_4 por Col\_1

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8,952	9	0,994667	15,98	0,0000
Intra grupos	1,2448	20	0,06224		
Total (Corr.)	10,1968	29			

## El StatAdvisor

La tabla 22 ANOVA descompone la varianza de Col\_4 en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 15,9811, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Col\_4 entre un nivel de Col\_1 y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

## Pruebas de Múltiple Rangos para Col\_4 por Col\_1

Tabla 23

*Método: 95,0 porcentaje LSD - Cadmio*

Col_1	Casos	Media	Grupos homogéneos
10	3	0,8	X
7	3	1,2	XX
4	3	1,6	XX
6	3	1,6	XX
9	3	1,7	XX
3	3	1,8	XX
5	3	1,9	XX
8	3	1,9	XX
2	3	2,1	X
1	3	3,0	X

El anexo 3 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 23 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte inicial del capítulo IV, se han identificado 5 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. La tabla 23 muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos



niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

#### 4.1.4 Resultado Mercurio - ANOVA Simple - Col\_5 por Col\_1.

- Variable dependiente: Col\_5 (Mercurio)
- Factor: Col\_1 (TRAT)

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 10

#### El StatAdvisor

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Col\_5. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Col\_5 para los 10 diferentes niveles de Col\_1. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

Tabla 24

#### Resumen estadístico para Col\_5 - Mercurio

Col_1	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo
1	3	0,004	0,00155242	38,8104%	0,0025	0,0056
2	3	0,000206667	0,0000057735	2,79363%	0,0002	0,00021
3	3	0,000186667	0,000011547	6,1859%	0,00018	0,0002
4	3	0,000193333	0,0000152753	7,90099%	0,00018	0,00021
5	3	0,000176667	0,0000057735	3,26802%	0,00017	0,00018
6	3	0,000173333	0,0000208167	12,0096%	0,00015	0,00019
7	3	0,000163333	0,0000208167	12,7449%	0,00014	0,00018
8	3	0,000146667	0,0000057735	3,93648%	0,00014	0,00015
9	3	0,00015	0,00002	13,3333%	0,00013	0,00017
10	3	0,000133333	0,0000152753	11,4564%	0,00012	0,00015
Total	30	0,000553	0,00123796	223,862%	0,00012	0,0056

## El StatAdvisor

Esta tabla 24 muestra diferentes estadísticos de Col\_5 para cada uno de los 10 niveles de Col\_1. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

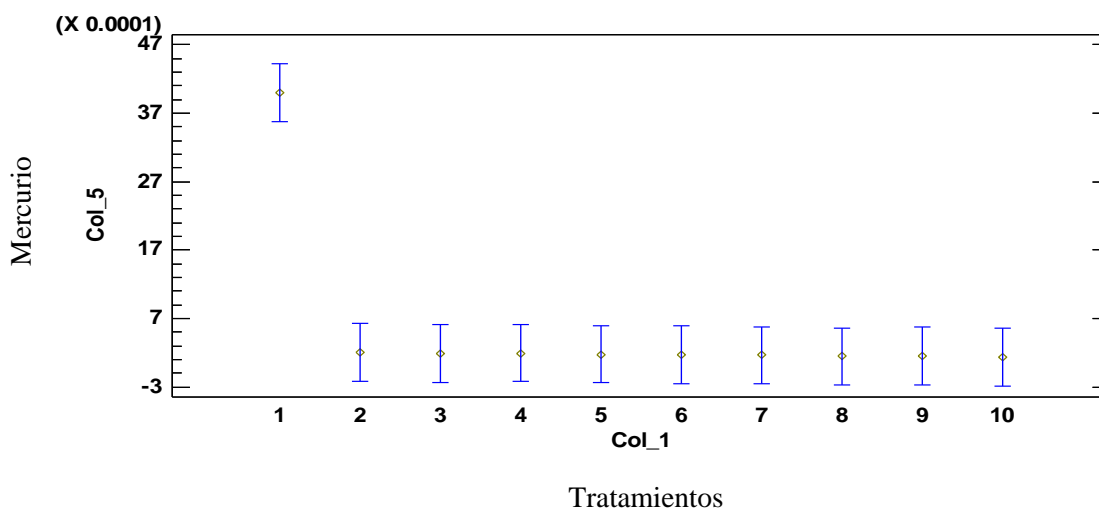


Figura 6. Medias y 95,0% de Fisher LSD – Mercurio

Tabla 25

Resumen estadístico para Col\_1

Col_1	Rango	Sesgo estandarizado	Curtosis estandarizada
1	0,0031	0,204119	
2	0,00001	-1,22474	
3	0,00002	1,22474	
4	0,00003	0,6613	
5	0,00001	-1,22474	
6	0,00004	-0,914531	
7	0,00004	-0,914531	
8	0,00001	-1,22474	
9	0,00004	0	
10	0,00003	0,6613	
Total	0,00548	7,48513	12,2068

ADVERTENCIA: Hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande. Esto puede causar problemas puesto que el análisis de varianza asume que las desviaciones estándar de todos los niveles son igual. Seleccione Verificación de Varianza de la lista de Opciones Tabulares para ejecutar una prueba estadística formal para la diferencia entre las sigmas. Podría considerar transformar los valores de Col\_5 para eliminar cualquier dependencia de la desviación estándar de la media.

Tabla 26

*Tabla ANOVA para Col\_5 por Col\_1*

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0000396197	9	0,00000440219	18,25	0,0000
Intra grupos	0,00000482393	20	2,41197E-7		
Total (Corr.)	0,0000444436	29			

### El StatAdvisor

La tabla 26 ANOVA descompone la varianza de Col\_5 en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 18,2514, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Col\_5 entre un nivel de Col\_1 y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

## Pruebas de Múltiple Rangos para Col\_5 por Col\_1

Tabla 27

Método: 95,0 porcentaje LSD - Mercurio

Col_1	Casos	Media	Grupos homogéneos
10	3	0,000133333	X
8	3	0,000146667	X
9	3	0,00015	X
7	3	0,000163333	X
6	3	0,000173333	X
5	3	0,000176667	X
3	3	0,000186667	X
4	3	0,000193333	X
2	3	0,000206667	X
1	3	0,004	X

El anexo 4 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 23 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte de inicio del capítulo IV, se han identificado 5 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. La tabla 27 muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

### 4.1.5 Resultado Plomo - ANOVA Simple - Col\_6 por Col\_1.

- Variable dependiente: Col\_6 (Plomo)
- Factor: Col\_1 (TRAT)

Número de observaciones: 30

Número de niveles: 10

## El StatAdvisor

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para Col\_6. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de Col\_6 para los 10 diferentes niveles de Col\_1. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si existiera valores atípicos, podemos elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas ayudan a juzgar la significancia práctica de los resultados.

Tabla 28

### *Resumen estadístico para Col\_6 - Plomo*

Col_1	Recuento	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo	Rango
1	3	0,16	0,01	6,25%	0,15	0,17	0,02
2	3	0,049	0,001	2,04082%	0,048	0,05	0,002
3	3	0,0473333	0,00208167	4,39789%	0,045	0,049	0,004
4	3	0,046	0,001	2,17391%	0,045	0,047	0,002
5	3	0,0463333	0,00152753	3,29682%	0,045	0,048	0,003
6	3	0,0416667	0,00057735	1,38564%	0,041	0,042	0,001
7	3	0,0366667	0,0011547	3,14918%	0,036	0,038	0,002
8	3	0,0353333	0,00305505	8,64637%	0,032	0,038	0,006
9	3	0,0283333	0,00351188	12,3949%	0,025	0,032	0,007
10	3	0,0153333	0,00251661	16,4127%	0,013	0,018	0,005
Total	30	0,0506	0,0385421	76,1701%	0,013	0,17	0,157

## El StatAdvisor

La tabla 28 muestra diferentes estadísticos de Col\_6 para cada uno de los 10 niveles de Col\_1. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio. Selecciones Gráfica de Medias de la lista de Opciones Gráficas para mostrar gráficamente las medias.

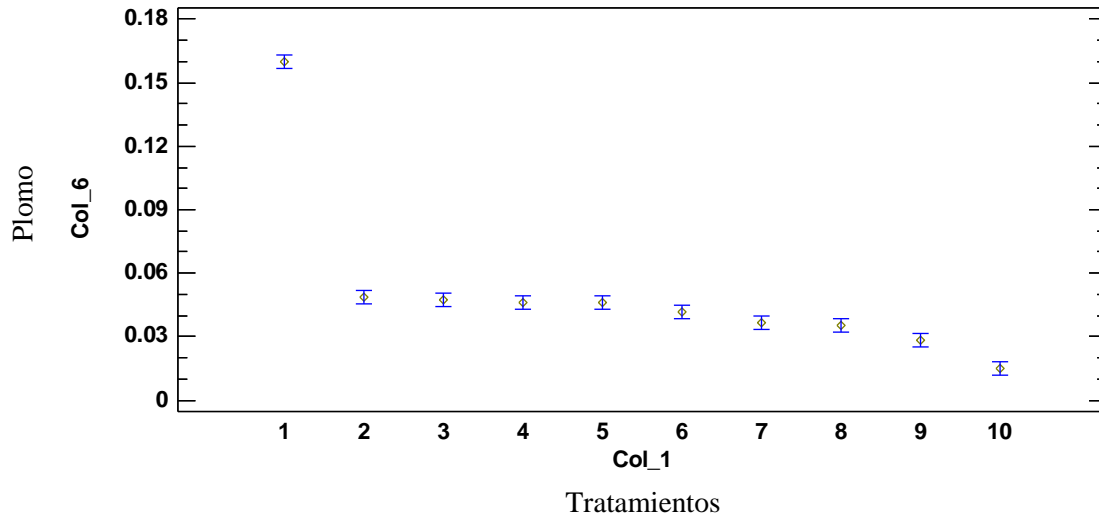


Figura 7. Medias y 95,0 de Fisher LSD - Plomo

Tabla 29

Resumen estadístico para Col\_1

Col_1	Sesgo estandarizado	Curtosis estandarizada
1	0	
2	0	
3	-0,914531	
4	0	
5	0,6613	
6	-1,22474	
7	1,22474	
8	-0,6613	
9	0,299299	
10	0,41407	
Total	5,48779	5,93983

ADVERTENCIA: Hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande. Esto puede causar problemas puesto que el análisis de varianza asume que las desviaciones estándar de todos los niveles son igual. Seleccione Verificación de Varianza de la lista de Opciones Tabulares para ejecutar una prueba estadística formal para la diferencia entre las sigmas. Podría considerar transformar los

valores de Col\_6 para eliminar cualquier dependencia de la desviación estándar de la media.

Tabla 30

*Tabla ANOVA para Col\_6 por Col\_1*

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0428025	9	0,00475584	343,80	0,0000
Intra grupos	0,000276667	20	0,0000138333		
Total (Corr.)	0,0430792	29			

### El StatAdvisor

La tabla 30 ANOVA descompone la varianza de Col\_6 en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 343,795, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Col\_6 entre un nivel de Col\_1 y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

**Pruebas de Múltiple Rangos para Col\_6 por Col\_1**

Tabla 31

*Método: 95,0 porcentaje LSD - Plomo*

Col_1	Casos	Media	Grupos homogéneos
10	3	0,0153333	X
9	3	0,0283333	X
8	3	0,0353333	X
7	3	0,0366667	X
6	3	0,0416667	XX
4	3	0,046	XX
5	3	0,0463333	XX
3	3	0,0473333	XX
2	3	0,049	X
1	3	0,16	X

El anexo 5 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 33 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte de inicio del capítulo IV, se han identificado 6 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas.

La tala 31 muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**Comparación:** Según a las características de la zona de estudio donde existe agricultura y ganadería se realiza la comparación del promedio de los resultados de los experimentos y grupo control respecto a las ECAs subcategoría D aguas para riego de vegetales y bebidas de animales.



Tabla 32.

*Resultados de los tratamientos*

Grupo control	Tratamientos								
	24 horas			48 horas			72 horas		
	0g	20g	40g	60g	20g	40g	60g	20g	40g
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,1	0,081	0,049	0,027	0,062	0,022	0,0009	0,06	0,035	0,0009
3	2,1	1,8	1,6	1,9	1,6	1,2	1,9	1,7	0,8
0,004	0,00019	0,00019	0,00019	0,00019	0,00019	0,00019	0,00019	0,00019	0,00019
0,16	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
2,52	2,8	3,3	3,9	2,9	3,7	4,9	2,9	3,4	6,2

La tabla 32 muestra los promedios de las repeticiones para cada parámetro de metal pesado y sus valores de pH en diferentes tiempos y cantidades de compost.

Tabla 33

*Subcategoría D: Riego de vegetales y bebida de animales*

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido ©	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/l		0,1	0,2
Cadmio	mg/l		0,01	0,05
Mercurio	mg/l		0,001	0,01
Plomo	mg/l		0,05	0,05
Potencial de hidrógeno	Unidad de pH		7,5	7,45

La tabla 33 muestra los parámetros y sus concentraciones máximas en el agua para dar uso en riego de vegetales y bebida de animales.

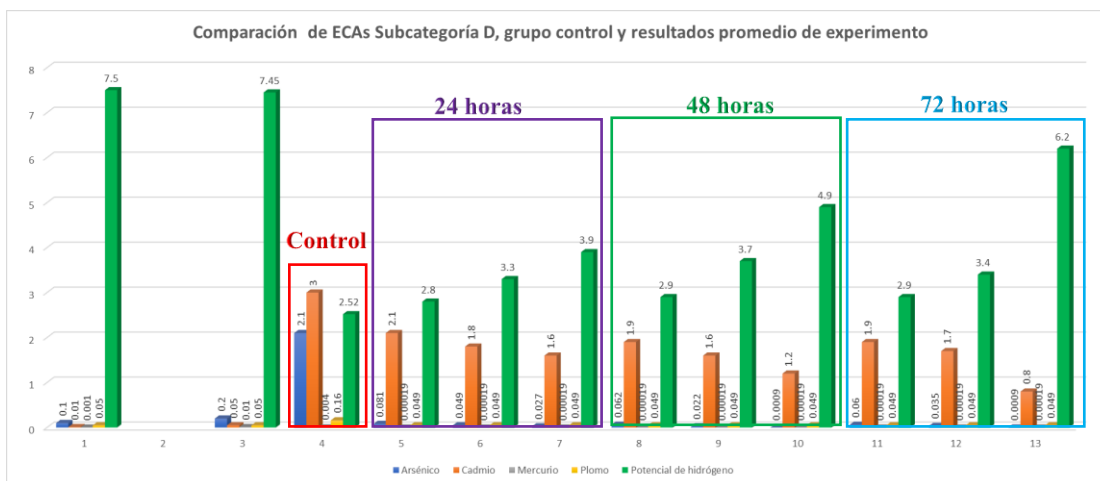


Figura 8. Comparación de ECAs sub categoría D, grupo control y tratamientos

Interpretación, La figura 8 presenta una comparación de los ECAs para el agua sub categoría D, con el grupo control y resultados del experimento, donde se visualiza que los mejores resultados que se aproximan son en las 72 horas con una aplicación de 60g de compost en el tratamiento llegando a un valor del pH de 6,2 menos ácido que el grupo control, respecto al arsénico, mercurio y plomo se encuentran dentro de los ECAs, pero no se logró reducir al mínimo la presencia de cadmio aún sobrepasa los ECAs del agua.

#### 4.2 Resultados para el segundo objetivo específico:

Determinar la cantidad y tiempo óptimo de las propuestas de (20g, 40g, 60g) de compost y (24h, 48h, 72h) de contacto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación de 500ml del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI.

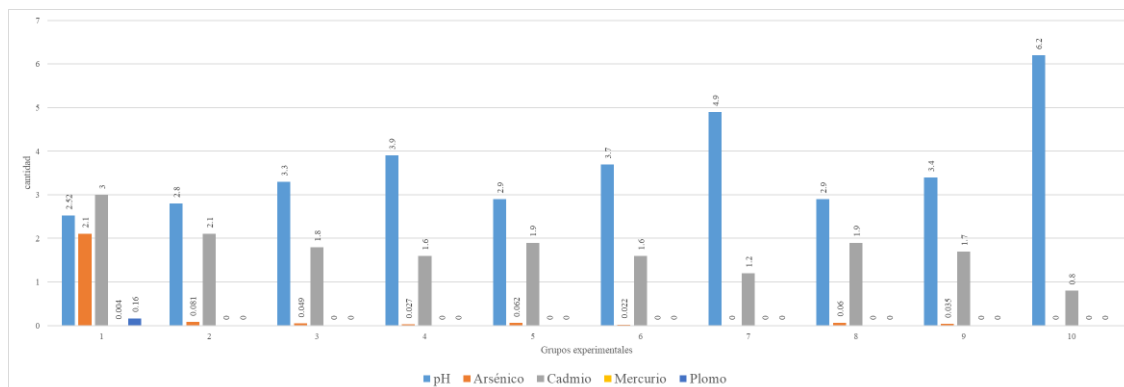
Tabla 34

*Resultado de los experimentos según tratamiento*

Parámetros	Grupos	Tratamientos									
	Tiempo	0 horas		24 horas		48 horas			72 horas		
	Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Compost	0g	20g	40g	60g	20g	40g	60g	20g	40g	60g
pH	Rep. 1	2,44	2,85	3,42	4,2	3,3	3,9	4,7	2,7	3,7	6,5
	Rep. 2	2,59	2,71	3,38	3,6	2,8	3,3	5,2	3,2	3,2	5,8
	Rep. 3	2,53	2,84	3,1	3,9	2,6	3,9	4,8	2,8	3,3	6,3
	Promedio	2,52	2,8	3,3	3,9	2,9	3,7	4,9	2,9	3,4	6,2
Arsénico (mg/l)	Rep. 1	2,15	0,078	0,052	0,026	0,057	0,025		0,09	0,033	
	Rep. 2	2,05	0,085	0,048	0,031	0,065	0,022		0,05	0,037	
	Rep. 3	2,1	0,08	0,047	0,024	0,064	0,019		0,04	0,035	
	Promedio	2,1	0,081	0,049	0,027	0,062	0,022	< 0,0010	0,06	0,035	< 0,0010
Cadmio (mg/l)	Rep. 1	3,2	1,7	2,08	1,38	2,12	1,77	1,3	1,8	1,9	0,7
	Rep. 2	3	2,4	1,55	1,9	1,71	1,43	0,85	2,1	1,5	0,6
	Rep. 3	2,8	2,2	1,77	1,52	1,87	1,6	1,45	1,8	1,7	1,1
	Promedio	3	2,1	1,8	1,6	1,9	1,6	1,2	1,9	1,7	0,8
Mercurio (mg/l)	Rep. 1	0,0039									
	Rep. 2	0,0025									
	Rep. 3	0,0056									
	Promedio	0,004	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020
Plomo (mg/l)	Rep. 1	0,15									
	Rep. 2	0,16									
	Rep. 3	0,17									
	Promedio	0,16	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050

La tabla 34 muestra los resultados de los tratamientos donde podemos observar que para el pH el tiempo y la cantidad optima es 72 h y 60g de compost, para el caso del arsénico el tipo y la cantidad más optima es a partir de 48 h y 60g de compost donde el equipo no logró detectar su presencia en los análisis, respecto al cadmio el tiempo fue de 72h con 60g de compost llegando a una reducción de 0,8mg/l, para el caso de mercurio y plomo el tiempo más optimo es a partir de las 24 horas y la cantidad más optima es desde los

20g de compost donde en los resultados el equipo no logró detectar la presencia de estos metales pesados.



*Figura 9.* Promedio de los resultados de tratamiento respecto a la cantidad de concentración

La figura 9 muestra un incremento en el valor del pH de 2,5 a 6,2 siendo menos ácido que el grupo control, respecto a la presencia de los metales pesados existe una reducción de su concentración, Mercurio al 100%, Plomo al 100% y Arsénico al 100% el metal pesado cadmio solo se logró reducir en un 61.9% porque aún continúa presente en todos los tratamientos, siendo lo más óptimo de los tratamientos al aplicar el compost de 60g en 72 horas

#### 4.3 Resultado para el objetivo general:

Determinar el efecto del compost de residuos orgánicos urbanos en la remediación del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI.

Tabla 35

*Efecto del compost en el drenaje ácido de mina*

Parámetros	Grupos	Tratamientos										
	Tiempo	Control		24 horas				48 horas			72 horas	
	Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Compost	0g	20g	40g	60g	20g	40g	60g	20g	40g	60g	
pH	Promedio	2,52	2,8	3,3	3,9	2,9	3,7	4,9	2,9	3,4	6,2	
Arsénico (mg/l)	Promedio	2,1	0,081	0,049	0,027	0,062	0,022	< 0,0010	0,06	0,035	< 0,0010	
Cadmio (mg/l)	Promedio	3	2,1	1,8	1,6	1,9	1,6	1,2	1,9	1,7	0,8	
Mercurio (mg/l)	Promedio	0,004	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	< 0,00020	
Plomo (mg/l)	Promedio	0,16	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	

La tabla 35 muestra los efectos que tuvo el compost en los diferentes tiempos de tratamientos, así mismo las diferentes cantidades de compost que se aplicó a las muestras de drenaje ácido de mina. Los efectos fueron positivos ya que se redujo la presencia de los metales pesados como el plomo, mercurio, arsénico y cadmio este último no se logró reducir por debajo de los ECAs del agua porque aún tiene presencia con un valor de 0,8 mg/l, respecto al pH se tiene un efecto positivo porque se logró reducir la acides llegando a un valor de 6,2.

#### 4.4 Discusión

Los resultados de la investigación muestran una reducción de las concentraciones de metales pesados arsénico, plomo y mercurio en un 100% encontrándose por debajo de los ECAs del agua, sin embargo, la concentración de cadmio se redujo en un 61,9% aun por encima de los ECAs del agua, por otra parte, se logró incrementar el valor del pH a 6,2 siendo menos ácido que el grupo control, estos resultados son en el tratamiento que se aplicó 60g de compost de residuos orgánicos urbanos en 500ml del drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI y en 72 horas de contacto. Del mismo modo Cui *et al.*, (2021) manifiestan que el compost con la humificación con zeolitas a través de la adsorción tuvo un efecto de pasivación de los metales pesados reduciendo el Cu en 45,13%, Cd en 16,11% y Pb en 25,49% durante el compostaje aeróbico.

El incremento del valor de pH de 2,5 a 6,2 siendo este resultado menos ácido que el grupo control, del mismo modo los metales pesados se disminuyó su concentración Mercurio al 100%, Plomo al 100% y Arsénico al 100%, sin embargo, el metal pesado cadmio solo se logró reducir la concentración en un 61.9%, porque aún continúa presente en todos los tratamientos, siendo la cantidad más óptima 60g en el tiempo más óptimo de 72 horas de contacto entre el compost de residuos orgánicos urbanos y el drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI. En forma muy similar Torres *et al.*, (2018) en el tratamiento que realizó con piedra caliza y virutas de madera eliminó los metales en el drenaje ácido de mina en un tiempo óptimo de 30 horas, donde elevó el pH a 6 y eliminó el Fe, Al, Pb, Cu y hasta un 70% de sulfatos (hasta 1800mg/l).

Los efectos del compost de residuos orgánicos urbanos en el drenaje ácido de la ex unidad minera Aladino VI fueron positivos ya que incrementó el valor del pH de 2,52 a 6,2 siendo este resultado menos ácido que el grupo control, respecto a los metales pesados el efecto fue positivos porque redujo al 100% en el Arsénico, Plomo, Mercurio, pero la reducción en Cadmio solo fue el 61,9%. De forma similar lo manifiesta Visconti *et al.*, (2020) que el biocarbon y el compost tienen un efecto positivo en la estabilización de los suelos mineros contaminados por metales pesados como Cd, P, y Zn porque liberan nutrientes para el suelo. Del mismo modo Lima *et al.*, (2018) afirma que el compost de los RSU tienen un efecto positivo porque son adsorbentes prometedores de metales pesados como Pb, Zn y Cd procedentes de residuos mineros.

## CONCLUSIONES

A nivel general el compost de residuos orgánicos urbanos tiene un efecto positivo en el drenaje ácido de mina porque se logró incrementar el valor del pH de 2,52 a 6,2 siendo este resultado menos ácido que el grupo control, respecto a los metales pesados arsénico, plomo y mercurio se logró reducir su concentración al 100% porque el equipo de análisis no logra identificar su presencia, sin embargo, para el caso de cadmio solo se reduce su concentración en un 61.9%.

Resumiendo la comparación de los resultados de los diferentes tratamientos del drenaje ácido de mina respecto a los ECAs del agua, el valor de acides no logra superar las expectativas porque llega a un valor de pH de 6,2 y los ECAs exige que debe ser 7,45 de pH, sin embargo la concentración de los metales arsénico, plomo y mercurio se logra la reducción al 100% encontrándose por debajo de las exigencias de los ECAs, pero en el caso del cadmio solo se logra la reducción de su concentración en un 61,9% encontrándose por encima de las exigencias de las ECAs del agua.

Respecto al tiempo más óptimo que se puede determinar es 72 horas de contacto entre el compost y el drenaje ácido de mina de 500ml, de la misma manera se pudo determinar la cantidad más óptima de los tratamientos el cual fue 60g de compost de residuos orgánicos urbanos, siendo así el tratamiento que demuestra el mejor resultado en la reducción de la concentración de los metales pesados y logra un incremento en el valor del pH siendo menos ácido el resultado.

## RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar experimentos con cantidades mayor a 60g de compost en 500ml para determinar resultados óptimos respecto a la reducción del metal pesados cadmio y del pH, con la finalidad de cumplir con las exigencias de las ECAs del agua.

Se sugiere realizar más pruebas con diferentes cantidades y diferentes tiempos para encontrar lo más óptimo en la reducción de los metales pesados y la acides del drenaje ácido de mina.

A nivel general se sugiere realizar los experimentos con otro tipo de compost y con otro tipo de estiércol para poder encontrar los efectos frente al drenaje ácido de mina ya que contienen diferentes metales pesados.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abellan, J., & Palacios, J. (2015). Manual De Compostaje. In M. de medio ambiente y medio rural y Marino (Ed.), *Ministerio De Medio Ambiente Y Medio Rural Y Marino* (Vol. 2). V.A. Impresiones, S.A. Recuperado de [https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual de compostaje 2011 PAGINAS 1-24\\_tcm30-185556.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/Manual_de_compostaje_2011_PAGINAS_1-24_tcm30-185556.pdf)
- Aduvire, O. (2006). Drenaje Ácido de Mina. Generación y Tratamiento. In *Instituto Geológico y Minero de España*. Recuperado de [http://info.igme.es/SidPDF/113000/258/113258\\_0000001.pdf](http://info.igme.es/SidPDF/113000/258/113258_0000001.pdf)
- Alcolea, M., & González, C. (2000). Manual Compostaje doméstico. In *Escuela Superior de Agricultura de Barcelona*. Recuperado de <http://www.resol.com.br/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>
- Antonangelo, J. A., Sun, X., & Zhang, H. (2021). The roles of co-composted biochar (COMBI) in improving soil quality, crop productivity, and toxic metal amelioration. *Journal of Environmental Management*, 277 (September 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111443>
- Aurazo, M. (2004). *Tratamiento del agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Aspectos biológicos de la calidad del agua*. OPS/CEPIS.
- Awasthi, S. K., Duan, Y., Liu, T., Zhang, Z., Pandey, A., Varjani, S., Awasthi, M. K., & Taherzadeh, M. J. (2021). Can biochar regulate the fate of heavy metals (Cu and Zn) resistant bacteria community during the poultry manure composting? *Journal of Hazardous Materials*, 406, 124593. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124593>
- Barbosa, D. G., & González, C. (2014). Conceptos de Derecho Minero. *UBP Serie de Materiales de Investigación*, 6, 1–134.
- Barrena Gómez, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso* [Universidad Autónoma de Barcelona]. Recuperado de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9), e04691. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- Brothers, R., & Morales-Torres, M. (1993). *Drenaje Ácido de la Minería. Minería y Contaminación de agua en la Columbia Británica, Canadá*. Recuperado de <https://miningwatch.ca/es/publications/2006/3/25/drenaje-cido-de-la-miner-miner-y->

contaminaci-n-de-agua-en-la-columbia-brit

- Brown, S. L., Henry, C. L., Chaney, R., Compton, H., & Devolder, P. S. (2003). *Using municipal biosolids in combination with other residuals to restore metal-contaminated mining areas*. 203–215.
- Bwapwa, J. K., Jaiyeola, A. T., & Chetty, R. (2017). Bioremediation of acid mine drainage using algae strains: A review. *South African Journal of Chemical Engineering*, 24(July 2016), 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2017.06.005>
- Chen, Z., Fu, Q., Cao, Y., Wen, Q., & Wu, Y. (2021). Effects of lime amendment on the organic substances changes, antibiotics removal, and heavy metals speciation transformation during swine manure composting. *Chemosphere*, 262, 128342. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128342>
- Comision Tecnica Multisectorial. (2009). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú* (Autoridad Nacional del Agua (ed.)). Ministerio de Agricultura.
- Cui, H., Ou, Y., Wang, L., Yan, B., Li, Y., & Bao, M. (2021). Critical passivation mechanisms on heavy metals during aerobic composting with different grain-size zeolite. *Journal of Hazardous Materials*, 406, 124313. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124313>
- De León, L. (2007). *Floraciones algales de agua dulce: Cianobacterias, Cianotoxinas*.
- Dean, A. P., Hartley, A., Mcintosh, O. A., Smith, A., Feord, H. K., Holmberg, N. H., King, T., Yardley, E., White, K. N., & Pittman, J. K. (2019). Science of the Total Environment Metabolic adaptation of a Chlamydomonas acidophila strain isolated from acid mine drainage ponds with low eukaryotic diversity. *Science of the Total Environment*, 647, 75–87. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.445>
- DIGESA-MINSA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Decreto supremo 031-2010-SA*.
- EGMASA. (2004). *Investigación y desarrollo tecnológico de procesos de compostaje y aplicación del compost en los sectores agrícola y forestal*. Empresa de Gestión Medioambiental S.A. Recuperado de [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Calidad\\_Ambienta/Gestion\\_De\\_Los\\_Residuos\\_Solidos/compost/dipticoID98\\_00.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Calidad_Ambienta/Gestion_De_Los_Residuos_Solidos/compost/dipticoID98_00.pdf)
- Eróstegui-Revilla, C. P., & Romer-Ledezma, Ka. P. (2014). Heavy Metal Contamination. *Heavy Metal Contamination of Water and Soil*, 51–51. <https://doi.org/10.1201/b16566-4>
- Forján, R., Cerqueira, B., & Covelo, E. F. (2018). Comparison of compost with biochar versus

- technosol with biochar in the reduction of metal pore water concentrations in a mine soil. *Journal of Geochemical Exploration*, August 2017, 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2018.06.007>
- Galán Huertos, E., & Romero Baena, A. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *Macla*, 10, 48–60. Recuperado de [http://www.ehu.eus/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)
- Gamazo, C. (2013). *Microbiología basada en la experimentación*. GEA Consultoría Editorial.
- Global Health and Education Foundation. (2008). *Las Academias Nacionales-Asesoras de la Nación en los campos de ciencia, ingeniería y medicina*.
- Hirata, R. (2002). Carga contaminante y peligros a las aguas subterráneas. *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*, 2, 81–90.
- Jiang, S., Huang, L., Nguyen, T. A. H., Sik, Y., Rudolph, V., & Yang, H. (2015). Chemosphere Copper and zinc adsorption by softwood and hardwood biochars under elevated sulphate-induced salinity and acidic pH conditions. *CHEMOSPHERE*. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.06.079>
- Kalin, M., Fyson, A., & Wheeler, W. N. (2006). The chemistry of conventional and alternative treatment systems for the neutralization of acid mine drainage. *Science of the Total Environment*, 366(2–3), 395–408. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.11.015>
- Karl, D., Rumbold, K., Harding, K. G., Sheridan, C. M., Dyk, L. D. Van, Simate, G. S., & Postma, F. (2018). Science of the Total Environment The availability of second generation feedstocks for the treatment of acid mine drainage and to improve South Africa ' s bio-based economy. *Science of the Total Environment*, 637–638, 132–136. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.410>
- Kastyuchik, A., Karam, A., & Aïder, M. (2017). The effect of electro-activation and eggshell powder on the neutralization of acid mine drainage. *Journal of Sustainable Mining*, 16(3), 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2017.09.002>
- Las, I. I., & Del, F. (2008). *Geología física*. 1–23.
- Layme Choque, M. A. (2020). *Adsorción de Metales Pesados en suelos contaminados aplicando enmiendas para reducir su disponibilidad. revisión sistemática 2021* [Universidad Cesar Vallejo]. Recuperado de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Ley N° 28611. (2005). *Ley General del Ambiente*. 52.
- Li, M., Zhang, J., Yang, X., Zhou, Y., Zhang, L., Yang, Y., Luo, L., & Yan, Q. (2021). Responses of ammonia-oxidizing microorganisms to biochar and compost amendments of heavy metals-polluted soil. *Journal of Environmental Sciences (China)*, *102*, 263–272. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.09.029>
- Lima, J. Z., Raimondi, I. M., Schalch, V., & Rodrigues, V. G. S. (2018). Assessment of the use of organic composts derived from municipal solid waste for the adsorption of Pb, Zn and Cd. *Journal of Environmental Management*, *226*(August), 386–399. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.047>
- Liu, L., Guo, X., Wang, S., Li, L., Zeng, Y., & Liu, G. (2018). Ecotoxicology and Environmental Safety Effects of wood vinegar on properties and mechanism of heavy metal competitive adsorption on secondary fermentation based composts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *150*(35), 270–279. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.037>
- Madigan, M. (2009). *Brock Biología de los microorganismos: Principios de Microbiología*. Pearson Educación.
- Martínez Madrid, D. E., & Marrugo Negrete, J. (2021). Efecto de la adición de enmiendas en la inmovilización de metales pesados en suelos mineros del sur de Bolívar, Colombia. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, *22*(2). [https://doi.org/10.21930/rcta.vol22\\_num2\\_art:2272](https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:2272)
- Migaszewski, Z. M., Gałuszka, A., & Dołęgowska, S. (2018). Arsenic in the Wiśniówka acid mine drainage area (south-central Poland) – Mineralogy, hydrogeochemistry, remediation. *Chemical Geology*, *493*, 491–503. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.06.027>
- MINAM. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. *El Peruano*, 6–9. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- MINAM – VMGA. (2012). *Propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Subterránea*.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Aprende a Prevenir Los Efectos Del Mercurio Módulo 3: Agua Y Alimento*. 22. <https://doi.org/2016-13439>
- Nieva, N. E., Borgnino, L., & García, M. G. (2018). Long term metal release and acid generation in abandoned mine wastes containing metal-sulphides. *Environmental Pollution*, *242*, 264–276. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.067>
- Northey, S. A., Mudd, G. M., Saarivuori, E., Wessman-Jääskeläinen, H., & Haque, N. (2016).

- Water footprinting and mining: Where are the limitations and opportunities? *Journal of Cleaner Production*, 135, 1098–1116. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.024>
- OMS. (1993). *Guidelines for drinking water quality*. Geneva: World Health Organization, Doc.Tec.
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable* (3ra ed.).
- OMS. (2007). *Guía para mejorar la calidad del agua en el ámbito rural y de las pequeñas localidades*.
- OMS. (2011). *Guidelines for drinking-water quality*.
- OPS-OMS. (2004). *Evaluación Global de los Servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. Informe Analítico*.
- Pardo, J., Mondaca, P., Celis-diez, J. L., Ginocchio, R., Navarro-villaruel, C., & Neaman, A. (2018). Geoderma Assessment of revegetation of an acidic metal (loid) -polluted soils six years after the incorporation of lime with and without compost. *Geoderma*, 331(January), 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.06.018>
- Park, J. H., & Choppala, G. K. (2011). *Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals*. 439–451. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0948-y>
- Pavoni, E., Covelli, S., Adami, G., Baracchini, E., Cattelan, R., Crosera, M., Higuera, P., Lenaz, D., & Petranich, E. (2018). Mobility and fate of Thallium and other potentially harmful elements in drainage waters from a decommissioned Zn-Pb mine (North-Eastern Italian Alps). *Journal of Geochemical Exploration*, 188(2017), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2018.01.005>
- Presidencia de Consejo de Ministros. (2014). *Imagen institucional*.
- Qin, G., Niu, Z., Yu, J., Li, Z., Ma, J., & Xiang, P. (2021). Soil heavy metal pollution and food safety in China: Effects, sources and removing technology. *Chemosphere*, 267, 129205. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129205>
- Quispe Salas, Y. N. (2018). *Gestión Del Agua Para Riego De Áreas Verdes En El Distrito De Pueblo Libre, Lima, Perú* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/11915>
- Ramsar. (2008). Convention on Wetlands, The 10th Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Wetlands, Changwon, Republic of Korea. *The Changwon Declaration on Human Well-Being and Wetlands*.

- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. In *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. Recuperado de [www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf](http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf)
- Salas Urviola, F. B., Guadarrama Guzmán, P., Gutiérrez Bazán, J. J., García Luna, N., Fernández Villagómez, G., & Alarcón Herrera, M. T. (2020). Determinación De Posible Drenaje Ácido De Mina Y Caracterización De Jales Mineros Provenientes De La Mina Cerro De Mercado, Durango, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3), 729–744. <https://doi.org/10.20937/rica.53461>
- Salazar, J. (2011). *La ecologización de la regulación económica de los servicios de agua potable y saneamiento en el Perú. Lecciones aprendidas de la implementación de un esquema de pago por servicios ambientales. Caso EPS Moyobamba*. CEPAL.
- Schmoll, O., Howard, G. C., Hilton, J., & Chorus, I. (2006). *Protecting Groundwater for Health: managing the quality of drinking-water sources*. WHO; IWA.
- Song, H., Yim, G. J., Ji, S. W., Neculita, C. M., & Hwang, T. (2012). Pilot-scale passive bioreactors for the treatment of acid mine drainage: Efficiency of mushroom compost vs. mixed substrates for metal removal. *Journal of Environmental Management*, 111, 150–158. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.06.043>
- Soobhany, N. (2018). Graphical abstract SC. *Process Safety and Environmental Protection*. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.07.005>
- SUNASS. (2010). *Estudio tarifario determinación de la fórmula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la Empresa Municipal de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Abancay EMUSAP Abancay S.A.C. Gerencia de regulación tarifaria*.
- Suzanne, M., & Graizbord, C. (2002). *Los ríos urbanos de Tecate y Tijuana: Estrategias para ciudades sustentables*. , Institute for Regional Studies of the Californias, San Diego State University.
- Thomashausen, S., Maennling, N., & Mebratu-Tsegaye, T. (2018). A comparative overview of legal frameworks governing water use and waste water discharge in the mining sector. *Resources Policy*, 55(July), 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.11.012>
- Torres, E., Lozano, A., Macías, F., Gomez-arias, A., Castillo, J., & Ayora, C. (2018). Passive elimination of sulfate and metals from acid mine drainage using combined limestone and barium carbonate systems. *Journal of Cleaner Production*, 182, 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.224>
- UNICEF. (1999). *El estado de salud infantil: Una emergencia silenciosa*. UNICEF.



Vargas, L. (2004). *Tratamiento de Agua para Consumo Humano Plantas de Filtración Rápida: Calidad del Agua*.

Visconti, D., Álvarez-Robles, M. J., Fiorentino, N., Fagnano, M., & Clemente, R. (2020). Use of Brassica juncea and Dactylis glomerata for the phytostabilization of mine soils amended with compost or biochar. *Chemosphere*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127661>

Zhang, M. (2011). Adsorption study of Pb(II), Cu(II) and Zn(II) from simulated acid mine drainage using dairy manure compost. *Chemical Engineering Journal*, 172(1), 361–368. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.06.017>



## ANEXOS



### Anexo 1. Diferencia significativa para el pH.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2		-0.28	0.45771
1 - 3	*	-0.78	0.45771
1 - 4	*	-1.38	0.45771
1 - 5		-0.38	0.45771
1 - 6	*	-1.18	0.45771
1 - 7	*	-2.38	0.45771
1 - 8		-0.38	0.45771
1 - 9	*	-0.88	0.45771
1 - 10	*	-3.68	0.45771
2 - 3	*	-0.5	0.45771
2 - 4	*	-1.1	0.45771
2 - 5		-0.1	0.45771
2 - 6	*	-0.9	0.45771
2 - 7	*	-2.1	0.45771
2 - 8		-0.1	0.45771
2 - 9	*	-0.6	0.45771
2 - 10	*	-3.4	0.45771
3 - 4	*	-0.6	0.45771
3 - 5		0.4	0.45771
3 - 6		-0.4	0.45771
3 - 7	*	-1.6	0.45771
3 - 8		0.4	0.45771
3 - 9		-0.1	0.45771
3 - 10	*	-2.9	0.45771
4 - 5	*	1.0	0.45771
4 - 6		0.2	0.45771
4 - 7	*	-1.0	0.45771
4 - 8	*	1.0	0.45771
4 - 9	*	0.5	0.45771
4 - 10	*	-2.3	0.45771
5 - 6	*	-0.8	0.45771
5 - 7	*	-2.0	0.45771
5 - 8		0	0.45771
5 - 9	*	-0.5	0.45771
5 - 10	*	-3.3	0.45771
6 - 7	*	-1.2	0.45771
6 - 8	*	0.8	0.45771
6 - 9		0.3	0.45771
6 - 10	*	-2.5	0.45771
7 - 8	*	2.0	0.45771
7 - 9	*	1.5	0.45771
7 - 10	*	-1.3	0.45771
8 - 9	*	-0.5	0.45771
8 - 10	*	-3.3	0.45771
9 - 10	*	-2.8	0.45771

## Anexo 2. Diferencia significativa para arsénico

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	2.019	0.0307754
1 - 3	*	2.051	0.0307754
1 - 4	*	2.073	0.0307754
1 - 5	*	2.038	0.0307754
1 - 6	*	2.078	0.0307754
1 - 7	*	2.09919	0.0307754
1 - 8	*	2.04	0.0307754
1 - 9	*	2.065	0.0307754
1 - 10	*	2.09943	0.0307754
2 - 3	*	0.032	0.0307754
2 - 4	*	0.054	0.0307754
2 - 5		0.019	0.0307754
2 - 6	*	0.059	0.0307754
2 - 7	*	0.0801867	0.0307754
2 - 8		0.021	0.0307754
2 - 9	*	0.046	0.0307754
2 - 10	*	0.0804267	0.0307754
3 - 4		0.022	0.0307754
3 - 5		-0.013	0.0307754
3 - 6		0.027	0.0307754
3 - 7	*	0.0481867	0.0307754
3 - 8		-0.011	0.0307754
3 - 9		0.014	0.0307754
3 - 10	*	0.0484267	0.0307754
4 - 5	*	-0.035	0.0307754
4 - 6		0.005	0.0307754
4 - 7		0.0261867	0.0307754
4 - 8	*	-0.033	0.0307754
4 - 9		-0.008	0.0307754
4 - 10		0.0264267	0.0307754
5 - 6	*	0.04	0.0307754
5 - 7	*	0.0611867	0.0307754
5 - 8		0.002	0.0307754
5 - 9		0.027	0.0307754
5 - 10	*	0.0614267	0.0307754
6 - 7		0.0211867	0.0307754
6 - 8	*	-0.038	0.0307754
6 - 9		-0.013	0.0307754
6 - 10		0.0214267	0.0307754
7 - 8	*	-0.0591867	0.0307754
7 - 9	*	-0.0341867	0.0307754
7 - 10		0.00024	0.0307754
8 - 9		0.025	0.0307754
8 - 10	*	0.0594267	0.0307754
9 - 10	*	0.0344267	0.0307754

### Anexo 3. Diferencia significativa para cadmio

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.9	0.42491
1 - 3	*	1.2	0.42491
1 - 4	*	1.4	0.42491
1 - 5	*	1.1	0.42491
1 - 6	*	1.4	0.42491
1 - 7	*	1.8	0.42491
1 - 8	*	1.1	0.42491
1 - 9	*	1.3	0.42491
1 - 10	*	2.2	0.42491
2 - 3		0.3	0.42491
2 - 4	*	0.5	0.42491
2 - 5		0.2	0.42491
2 - 6	*	0.5	0.42491
2 - 7	*	0.9	0.42491
2 - 8		0.2	0.42491
2 - 9		0.4	0.42491
2 - 10	*	1.3	0.42491
3 - 4		0.2	0.42491
3 - 5		-0.1	0.42491
3 - 6		0.2	0.42491
3 - 7	*	0.6	0.42491
3 - 8		-0.1	0.42491
3 - 9		0.1	0.42491
3 - 10	*	1.0	0.42491
4 - 5		-0.3	0.42491
4 - 6		0	0.42491
4 - 7		0.4	0.42491
4 - 8		-0.3	0.42491
4 - 9		-0.1	0.42491
4 - 10	*	0.8	0.42491
5 - 6		0.3	0.42491
5 - 7	*	0.7	0.42491
5 - 8		0	0.42491
5 - 9		0.2	0.42491
5 - 10	*	1.1	0.42491
6 - 7		0.4	0.42491
6 - 8		-0.3	0.42491
6 - 9		-0.1	0.42491
6 - 10	*	0.8	0.42491
7 - 8	*	-0.7	0.42491
7 - 9	*	-0.5	0.42491
7 - 10		0.4	0.42491
8 - 9		0.2	0.42491
8 - 10	*	1.1	0.42491
9 - 10	*	0.9	0.42491

#### Anexo 4. Diferencia significativa para mercurio

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.00379333	0.000836465
1 - 3	*	0.00381333	0.000836465
1 - 4	*	0.00380667	0.000836465
1 - 5	*	0.00382333	0.000836465
1 - 6	*	0.00382667	0.000836465
1 - 7	*	0.00383667	0.000836465
1 - 8	*	0.00385333	0.000836465
1 - 9	*	0.00385	0.000836465
1 - 10	*	0.00386667	0.000836465
2 - 3		0.00002	0.000836465
2 - 4		0.0000133333	0.000836465
2 - 5		0.00003	0.000836465
2 - 6		0.0000333333	0.000836465
2 - 7		0.0000433333	0.000836465
2 - 8		0.00006	0.000836465
2 - 9		0.0000566667	0.000836465
2 - 10		0.0000733333	0.000836465
3 - 4		-0.00000666667	0.000836465
3 - 5		0.00001	0.000836465
3 - 6		0.0000133333	0.000836465
3 - 7		0.0000233333	0.000836465
3 - 8		0.00004	0.000836465
3 - 9		0.0000366667	0.000836465
3 - 10		0.0000533333	0.000836465
4 - 5		0.0000166667	0.000836465
4 - 6		0.00002	0.000836465
4 - 7		0.00003	0.000836465
4 - 8		0.0000466667	0.000836465
4 - 9		0.0000433333	0.000836465
4 - 10		0.00006	0.000836465
5 - 6		0.00000333333	0.000836465
5 - 7		0.0000133333	0.000836465
5 - 8		0.00003	0.000836465
5 - 9		0.0000266667	0.000836465
5 - 10		0.0000433333	0.000836465
6 - 7		0.00001	0.000836465
6 - 8		0.0000266667	0.000836465
6 - 9		0.0000233333	0.000836465
6 - 10		0.00004	0.000836465
7 - 8		0.0000166667	0.000836465
7 - 9		0.0000133333	0.000836465
7 - 10		0.00003	0.000836465
8 - 9		-0.00000333333	0.000836465
8 - 10		0.0000133333	0.000836465
9 - 10		0.0000166667	0.000836465

**Anexo 5. Diferencia significativa para plomo.**

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	0.111	0.00633469
1 - 3	*	0.112667	0.00633469
1 - 4	*	0.114	0.00633469
1 - 5	*	0.113667	0.00633469
1 - 6	*	0.118333	0.00633469
1 - 7	*	0.123333	0.00633469
1 - 8	*	0.124667	0.00633469
1 - 9	*	0.131667	0.00633469
1 - 10	*	0.144667	0.00633469
2 - 3		0.00166667	0.00633469
2 - 4		0.003	0.00633469
2 - 5		0.00266667	0.00633469
2 - 6	*	0.00733333	0.00633469
2 - 7	*	0.0123333	0.00633469
2 - 8	*	0.0136667	0.00633469
2 - 9	*	0.0206667	0.00633469
2 - 10	*	0.0336667	0.00633469
3 - 4		0.00133333	0.00633469
3 - 5		0.001	0.00633469
3 - 6		0.00566667	0.00633469
3 - 7	*	0.0106667	0.00633469
3 - 8	*	0.012	0.00633469
3 - 9	*	0.019	0.00633469
3 - 10	*	0.032	0.00633469
4 - 5		-0.000333333	0.00633469
4 - 6		0.00433333	0.00633469
4 - 7	*	0.00933333	0.00633469
4 - 8	*	0.0106667	0.00633469
4 - 9	*	0.0176667	0.00633469
4 - 10	*	0.0306667	0.00633469
5 - 6		0.00466667	0.00633469
5 - 7	*	0.00966667	0.00633469
5 - 8	*	0.011	0.00633469
5 - 9	*	0.018	0.00633469
5 - 10	*	0.031	0.00633469
6 - 7		0.005	0.00633469
6 - 8		0.00633333	0.00633469
6 - 9	*	0.0133333	0.00633469
6 - 10	*	0.0263333	0.00633469
7 - 8		0.00133333	0.00633469
7 - 9	*	0.00833333	0.00633469
7 - 10	*	0.0213333	0.00633469
8 - 9	*	0.007	0.00633469
8 - 10	*	0.02	0.00633469
9 - 10	*	0.013	0.00633469

## Anexo 6. Ex Unidad Minera Aladino VI



Foto A, cancha de relaves cerca al rio, zona de agricultura y ganadera.

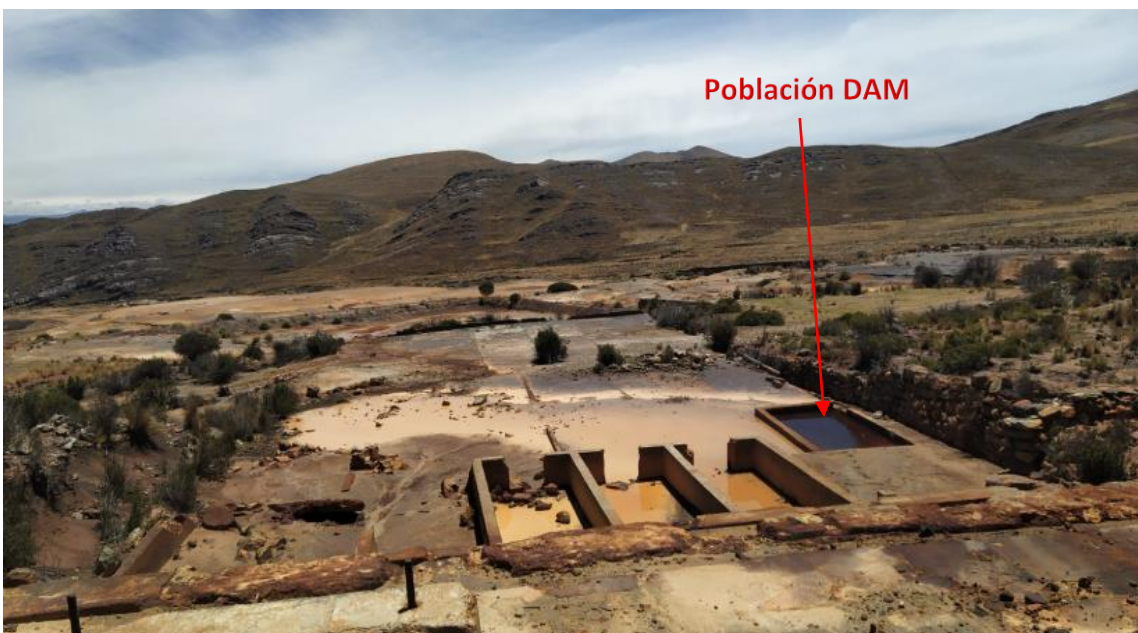


Foto B, estructuras de la planta concentradora y poza de concreto con DAM

**Anexo 7. Medición del pH del drenaje ácido de mina y compost**



Foto C




Foto D



Foto E

## Anexo 8. Informes de análisis del grupo control

*Universidad Mayor de San Andrés*  
*Facultad de Ciencias Puras y Naturales*  
*Instituto de Ecología*  
**Laboratorio de Calidad Ambiental**



Informe de Ensayo: A 132/19 Página 1 de 1

---

**INFORME DE ENSAYO EN AGUA A132/19**

Cliente:	MAÑAZO PROYECTO ALADINO VI
Solicitante:	Sr. Anibal Sucari Leon
Dirección del cliente:	Jr. Melgar Nro. 119 - Puno - Perú
Procedencia de la muestra:	Puno
	Provincia: Puno
	Departamento: Puno
Punto de muestreo:	Proyecto Aladino VI
Responsable del muestreo:	Sr. Anibal Sucari Leon
Fecha de muestreo:	26 de julio de 2019
Hora de muestreo:	17:00
Fecha de recepción de la muestra:	29 de julio, 2019
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 29 de julio al 12 de agosto, 2019
Caracterización de la muestra:	Drenaje ácido de mina
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Botella plástica
Código LCA:	132-1
Código original:	Drenaje ácido

**Resultado de Análisis**

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Drenaje ácido 132-1
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	2,1
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,020	3,0
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	0,0040
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,050	0,16

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 12 de Agosto de 2019

  
Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c.: Arch.  
JCH/LCA


---

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia



## Anexo 9. Informe de análisis de tratamiento de drenaje ácido de mina

*Universidad Mayor de San Andrés*  
*Facultad de Ciencias Puras y Naturales*  
*Instituto de Ecología*  
*Laboratorio de Calidad Ambiental*



Informe de Ensayo: A 177/19 Página 1 de 9

### INFORME DE ENSAYO EN AGUA TRATADA A177/19

Cliente: **PROYECTO MINERO ALADINO, VI - MAÑAZO**  
Solicitante: Sr. Anibal Sucari Leon  
Dirección del cliente: Jr. Melgar Nro. 119 - Puno - Perú  
Procedencia de la muestra: Puno  
Provincia: Puno  
Departamento: Puno  
Punto de muestreo: **Proyecto Aladino VI**  
Responsable del muestreo: Sr. Anibal Sucari Leon  
Fecha de muestreo: 29 de agosto de 2019  
Hora de muestreo: 14:00  
Fecha de recepción de la muestra: 30 de agosto de 2019  
Fecha de ejecución del ensayo: Del 30 de agosto al 18 de septiembre, 2019  
Caracterización de la muestra: **Drenaje ácido de mina - Trtado**  
Tipo de muestra: Compuesta  
Envase: Botella plástica  
Código LCA: 177-1  
Código original: M01-24 h-20 g



### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M01-24 h-20 g 177-1
pH	EPA 150.1		1 - 14	2,8
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	0,081
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,020	2,1
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,050	< 0,050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 20 de 2019



c.c.: Arch.  
JCH/LCA

---

*Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522*  
*Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia*

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 177/19

Página 2 de 9

### INFORME DE ENSAYO EN AGUA TRATADA A177/19

Cliente:	PROYECTO MINERO ALADINO, VI - MAÑAZO
Solicitante:	Sr. Anibal Sucari Leon
Dirección del cliente:	Jr. Melgar Nro. 119 - Puno - Perú
Procedencia de la muestra:	Puno
	Provincia: Puno
	Departamento: Puno
Punto de muestreo:	Proyecto Aladino VI
Responsable del muestreo:	Sr. Anibal Sucari Leon
Fecha de muestreo:	29 de agosto de 2019
Hora de muestreo:	14:00
Fecha de recepción de la muestra:	30 de agosto de 2019
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 30 de agosto al 18 de septiembre, 2019
Caracterización de la muestra:	Drenaje ácido de mina - Trtado
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Botella plástica
Código LCA:	177-2
Código original:	M02-24 h-40 g

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M02-24 h-40 g 177-2
pH	EPA 150.1		1 - 14	3,3
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	0,049
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,020	1,8
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,050	< 0,050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 20 de 2019



c.c.: Arch.  
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 177/19

Página 3 de 9

### INFORME DE ENSAYO EN AGUA TRATADA A177/19

Cliente:	PROYECTO MINERO ALADINO, VI - MAÑAZO
Solicitante:	Sr. Anibal Sucari Leon
Dirección del cliente:	Jr. Melgar Nro. 119 - Puno - Perú
Procedencia de la muestra:	Puno
	Provincia: Puno
	Departamento: Puno
Punto de muestreo:	Proyecto Aladino VI
Responsable del muestreo:	Sr. Anibal Sucari Leon
Fecha de muestreo:	29 de agosto de 2019
Hora de muestreo:	14:00
Fecha de recepción de la muestra:	30 de agosto de 2019
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 30 de agosto al 18 de septiembre, 2019
Caracterización de la muestra:	Drenaje ácido de mina - Trtado
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Botella plástica
Código LCA:	177-3
Código original:	M03-24 h-60 g

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M03-24 h-60 g 177-3
pH	EPA 150.1		1 - 14	3,9
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	0,027
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,020	1,6
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,050	< 0,050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 20 de 2019



c.c.: Arsh.  
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 177/19

Página 4 de 9

### INFORME DE ENSAYO EN AGUA TRATADA A177/19

Cliente: **PROYECTO MINERO ALADINO, VI - MAÑAZO**  
Solicitante: Sr. Anibal Sucari Leon  
Dirección del cliente: Jr. Melgar Nro. 119 - Puno - Perú  
Procedencia de la muestra: Puno  
Provincia: Puno  
Departamento: Puno  
Punto de muestreo: **Proyecto Aladino VI**  
Responsable del muestreo: Sr. Anibal Sucari Leon  
Fecha de muestreo: 29 de agosto de 2019  
Hora de muestreo: 14:00  
Fecha de recepción de la muestra: 30 de agosto de 2019  
Fecha de ejecución del ensayo: Del 30 de agosto al 18 de septiembre, 2019  
Caracterización de la muestra: **Drenaje ácido de mina - Trtado**  
Tipo de muestra: Compuesta  
Envase: Botella plástica  
Código LCA: 177-4  
Código original: M04-48 h-20 g

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M04-48 h-20 g 177-4
pH	EPA 150.1		1 - 14	2,9
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	0,062
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,020	1,9
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,050	< 0,050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 20 de 2019



c.c.: Arch.  
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 177/19

Página 5 de 9

### INFORME DE ENSAYO EN AGUA TRATADA A177/19

Cliente:	PROYECTO MINERO ALADINO, VI - MAÑAZO
Solicitante:	Sr. Anibal Sucari Leon
Dirección del cliente:	Jr. Melgar Nro. 119 - Puno - Perú
Procedencia de la muestra:	Puno
	Provincia: Puno
	Departamento: Puno
Punto de muestreo:	Proyecto Aladino VI
Responsable del muestreo:	Sr. Anibal Sucari Leon
Fecha de muestreo:	29 de agosto de 2019
Hora de muestreo:	14:00
Fecha de recepción de la muestra:	30 de agosto de 2019
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 30 de agosto al 18 de septiembre, 2019
Caracterización de la muestra:	Drenaje ácido de mina - Trtado
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Botella plástica
Código LCA:	177-5
Código original:	M05-48 h-40 g

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M05-48 h-40 g 177-5
pH	EPA 150.1		1 - 14	3,7
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	0,022
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,020	1,6
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,050	< 0,050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 20 de 2019

c.c.: Arch.  
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 177/19

Página 6 de 9

### INFORME DE ENSAYO EN AGUA TRATADA A177/19

Cliente:	PROYECTO MINERO ALADINO, VI - MAÑAZO
Solicitante:	Sr. Anibal Sucari Leon
Dirección del cliente:	Jr. Melgar Nro. 119 - Puno - Perú
Procedencia de la muestra:	Puno
	Provincia: Puno
	Departamento: Puno
Punto de muestreo:	Proyecto Aladino VI
Responsable del muestreo:	Sr. Anibal Sucari Leon
Fecha de muestreo:	29 de agosto de 2019
Hora de muestreo:	14:00
Fecha de recepción de la muestra:	30 de agosto de 2019
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 30 de agosto al 18 de septiembre, 2019
Caracterización de la muestra:	Drenaje ácido de mina - Trtado
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Botella plástica
Código LCA:	177-6
Código original:	M06-48 h-60 g

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M06-48 h-60 g 177-6
pH	EPA 150.1		1 - 14	4,9
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	< 0,0010
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,020	1,2
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,050	< 0,050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 20 de 2019



c.e.: Arch.  
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 177/19

Página 7 de 9

### INFORME DE ENSAYO EN AGUA TRATADA A177/19

Cliente: PROYECTO MINERO ALADINO, VI - MAÑAZO  
Solicitante: Sr. Anibal Sucari Leon  
Dirección del cliente: Jr. Melgar Nro. 119 - Puno - Perú  
Procedencia de la muestra: Puno  
Provincia: Puno  
Departamento: Puno  
Punto de muestreo: Proyecto Aladino VI  
Responsable del muestreo: Sr. Anibal Sucari Leon  
Fecha de muestreo: 29 de agosto de 2019  
Hora de muestreo: 14:00  
Fecha de recepción de la muestra: 30 de agosto de 2019  
Fecha de ejecución del ensayo: Del 30 de agosto al 18 de septiembre, 2019  
Caracterización de la muestra: Drenaje ácido de mina - Tratado  
Tipo de muestra: Compuesta  
Envase: Botella plástica  
Código LCA: 177-7  
Código original: M07-72 h-20 g

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M07-72 h-20 g 177-7
pH	EPA 150.1		1 - 14	2.9
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	0,060
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,020	1,9
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,050	< 0,050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA = Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 20 de 2019



c.c.: Arch.  
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 177/19

Página 8 de 9

### INFORME DE ENSAYO EN AGUA TRATADA A177/19

Cliente:	PROYECTO MINERO ALADINO, VI - MAÑAZO
Solicitante:	Sr. Anibal Sucari Leon
Dirección del cliente:	Jr. Melgar Nro. 119 - Puno - Perú
Procedencia de la muestra:	Puno
	Provincia: Puno
	Departamento: Puno
Punto de muestreo:	Proyecto Aladino VI
Responsable del muestreo:	Sr. Anibal Sucari Leon
Fecha de muestreo:	29 de agosto de 2019
Hora de muestreo:	14:00
Fecha de recepción de la muestra:	30 de agosto de 2019
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 30 de agosto al 18 de septiembre, 2019
Caracterización de la muestra:	Drenaje ácido de mina - Trtado
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Botella plástica
Código LCA:	177-8
Código original :	M08-72 h-40 g

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Limite de determinación	M08-72 h-40 g 177-8
pH	EPA 150.1		1 - 14	3,4
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	0,035
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,020	1,7
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,050	< 0,050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 20 de 2019



c.e.: Arch.  
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia



Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 177/19

Página 9 de 9

### INFORME DE ENSAYO EN AGUA TRATADA A177/19

Cliente: PROYECTO MINERO ALADINO, VI - MAÑAZO  
Solicitante: Sr. Anibal Sucari Leon  
Dirección del cliente: Jr. Melgar Nro. 119 - Puno - Perú  
Procedencia de la muestra: Puno  
Provincia: Puno  
Departamento: Puno  
Punto de muestreo: Proyecto Aladino VI  
Responsable del muestreo: Sr. Anibal Sucari Leon  
Fecha de muestreo: 29 de agosto de 2019  
Hora de muestreo: 14:00  
Fecha de recepción de la muestra: 30 de agosto de 2019  
Fecha de ejecución del ensayo: Del 30 de agosto al 18 de septiembre, 2019  
Caracterización de la muestra: Drenaje ácido de mina - Trtado  
Tipo de muestra: Compuesta  
Envase: Botella plástica  
Código LCA: 177-9  
Código original: M09-72 h-60 g

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M09-72 h-60 g 177-9
pH	EPA 150.1		1 - 14	6,2
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	< 0,0010
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,020	0,8
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,050	< 0,050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA = Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Septiembre 20 de 2019



Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c.: Arch.  
JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia