



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**REMOCIÓN DE COBRE (II) MEDIANTE ADSORCIÓN EN AGUA  
SUBTERRÁNEA USANDO ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO  
EN EL DISTRITO DE ANANEA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JUDITH VERÓNICA PALOMINO MURIEL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PUNO - PERÚ**

**2023**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

REMOCIÓN DE COBRE (II) MEDIANTE ADSORCIÓN USANDO E

AUTOR

JUDITH VERÓNICA PALOMINO MURIEL

RECuento DE PALABRAS

14712 Words

RECuento DE CARACTERES

81357 Characters

RECuento DE PÁGINAS

80 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 5, 2023 9:58 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 5, 2023 10:00 AM GMT-5

### ● 10% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



SALOMÓN TITO LEÓN  
INGENIERO QUÍMICO  
Registro del Colegio de Ingenieros N° 2292F

M. Sc. Salomón Tito León



## DEDICATORIA

*A Dios por ponerme y guiarme en este camino, es cierto que el esfuerzo lo realizó mi persona, pero la ayuda espiritual es de él. Muchas puertas, muchos caminos cortos y largos se fueron yendo abriendo poco a poco y, sin desmayar con toda la fe se sacó adelante este trabajo de investigación.*

*A mis queridos padres Leoncio y Ceferina por su apoyo incondicional y su sacrificio para llegar a este punto de mi vida, por inculcarme los valores y los principios que hasta hoy me sirvieron para mi crecimiento personal y profesional.*

***Judith Verónica Palomino Muriel***



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por darnos protección en todo nuestro camino y brindarnos las fuerzas necesarias para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de nuestra vida. Agradecer a mis padres, Leoncio Muriel Quispe y Ceferino Jallo de Muriel, por haberme apoyado incondicionalmente en todo momento, sus valores, los ejemplos de perseverancia y la motivación constante, pero más que nada por haber confiado y creído en mí, ya que han sido el soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, agradezco toda su paciencia y comprensión por haberme hecho una persona de bien, todo se los debo a ellos, los amo.*

*Agradezco a mis tíos Raúl, Rodolfo y Gladys por el apoyo moral y cariño en todo momento de mi vida.*

*UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO por convertir mis sueños en realidad. En especial quiero hacer llegar mi agradecimiento a mi querida Facultad de Ingeniería Química, a la labor dedicada de todos los catedráticos.*

*Un sincero agradecimiento a mi Director de Tesis, M.Sc. por todo su valioso tiempo, paciencia y consejos que me sirvieron para poder concluir este proyecto.*

*Un sincero agradecimiento a mis jurados Dr. Roger Huanqui Perez, M. Sc. Rene Justo Quispe Flores y M. Sc. José Néstor Mamani Quispe por todo su valioso tiempo y apoyo en en el desarrollo de tesis.*

***Judith Verónica Palomino Muriel***



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 11**

**ABSTRACT..... 12**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 13**

**1.2. JUSTIFICACIÓN ..... 14**

**1.3. OBJETIVO ..... 15**

1.3.1. Objetivo general..... 15

1.3.2. Objetivos específicos ..... 15

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES..... 17**

2.1.1. Internacionales ..... 17

2.1.2. Nacionales..... 19

2.1.3. Locales ..... 21

**2.2. MARCO TEÓRICO..... 23**

2.2.1. El agua ..... 23

2.2.2. Calidad de Agua..... 25



2.2.3. Contaminación del agua.....	25
2.2.4. Metales pesados .....	27
2.2.5. El cobre .....	33
2.2.6. Efectos del cobre sobre la salud.....	33
2.2.7. Adsorción.....	35
2.2.8. Estiércol de ganado .....	38

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. ASPECTOS GENERALES DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL DISTRITO DE ANANEA - PROYECTO MINERO JESUS 2004 TRES.....</b>	<b>41</b>
3.1.1. Ubicación del área de estudio .....	41
<b>3.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS .....</b>	<b>42</b>
3.2.1. Material experimental .....	42
3.2.2. Equipo de seguridad.....	42
3.2.3. Equipos e instrumentos .....	42
3.2.4. Equipos .....	43
3.2.5. Reactivos.....	44
<b>3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>44</b>
3.3.1. Metodología para el objetivo 1 .....	44
3.3.2. Tratamiento de la materia prima .....	44
3.3.3. Caracterización fisicoquímica del estiércol de ganado vacuno .....	45
3.3.4. Determinación de la humedad .....	45
3.3.5. Determinación de densidad aparente .....	45
3.3.6. Determinación de densidad real.....	45
3.3.7. Determinación de porosidad .....	46



3.3.8. Determinación de nitrógeno total y determinación de amoníaco .....	46
3.3.9. Determinación de fibra .....	46
3.3.10. Determinación de ceniza.....	47
3.3.11. Metodología para el objetivo 2 .....	48
<b>3.4. PREPARACIÓN DE LA CURVA PATRÓN DE LA SOLUCIÓN ACUOSA DE CU (II).....</b>	<b>50</b>
<b>3.5. EXPERIMENTOS DE REMOCIÓN DE COBRE CU(II) CON ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO.....</b>	<b>51</b>
<b>3.6. PRUEBA DE ADSORCIÓN.....</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 1.....</b>	<b>54</b>
4.1.1. Resultados para el objetivo 2 .....	55
4.1.2. Resultados para el objetivo 3.....	58
<b>4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>61</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>73</b>

**Área : Tecnología ambiental**

**Tema : Recuperación de metales pesados**

**Línea : Recursos Naturales y Medio Ambiente**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 08 de junio de 2023



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Diseño experimental con las variables independientes y dependientes.....	48
<b>Tabla 2</b>	Caracterización de la curva patrón para los análisis de las pruebas de adsorción .....	50
<b>Tabla 3</b>	Caracterización fisicoquímica del estiércol de ganado vacuno procedente comunidad campesina de Hercca.....	54
<b>Tabla 4</b>	Identificación de la masa adecuada de estiércol de ganado vacuno para remoción de Cu(II).....	55
<b>Tabla 5</b>	Masa de estiércol de ganado vacuno en la remoción de Cu (II) en el distrito de Ananea.....	57
<b>Tabla 6</b>	Parámetros de campo para agua subterránea del distrito de Ananea de acuerdo a la categoría 3 que es de riego de vegetales y bebidas de animales .....	58
<b>Tabla 7</b>	Comparación entre el cobre Cu(II)de agua subterránea obtenida de proyecto minero Jesus 2004 tres con los parámetros de los estándares de calidad ambiental.....	59



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Mapa de ubicación: Proyecto minero Jesús 2004 tres .....	42
<b>Figura 2</b>	Proceso de desarrollo de las etapas del proyecto para determinar el porcentaje de remoción de cobre. ....	49
<b>Figura 3</b>	Curva patrón para el análisis de las pruebas de adsorción. ....	50
<b>Figura 4</b>	Curva patrón idealizado para el análisis de muestra .....	51
<b>Figura 5</b>	Parámetros de campo para agua subterránea del distrito de Ananea para ver que no excedan los límites máximos permisibles .....	58
<b>Figura 6</b>	Comparación entre el cobre Cu (II) y los parámetros en los estadares de calidad ambiental. ....	60
<b>Figura 7</b>	Curva Patrón De Cobre Para Las Pruebas De Adsorción Con Estiércol De Ganado Vacuno.....	61



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- ANA: Autoridad Nacional del Agua
- Al: Aluminio
- Cd: cadmio
- Cu(II): Cobre
- Da: Densidad aparente
- H<sub>2</sub>O: Agua
- INACAL: Instituto Nacional de Calidad
- pH: potencial de hidrógeno
- T: Temperatura
- (SENAMHI): Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
- LMP: límites máximos permisibles
- ECA: Estándares de Calidad Ambiental
- MPa: Mega pascal
- L.A.S: Laboratorios analíticos del Sur
- ppm: Partes por millón
- %t: Porcentaje de transmitancia
- RSU: Residuos sólidos urbanos



## RESUMEN

El presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio privado MC QUIMICALAB y se titula remoción de Cu(II) mediante adsorción en agua subterránea usando estiércol de ganado vacuno en el distrito de Ananea, donde se tomó muestras de agua en el proyecto minero Jesús 2004 tres, ubicado en Pampa Baltimore, distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno. El objetivo es establecer el porcentaje de remoción del Cu(II) utilizando estiércol de ganado vacuno como adsorbente en agua subterránea del distrito de Ananea; la metodología experimental donde se usó el método de filtración y lectura en un equipo de absorción atómica, se utilizó estiércol de ganado vacuno de la comunidad de Hercca, distrito de Sicuani, provincia de Canchis, departamento de Cusco, cual fue molido en un mortero de porcelana, secado y tamizado en un juego de tamices pasado por malla N° 170. Se utilizó una solución sintética con una concentración de 1000 ppm de Cu(II) para los experimentos de remoción. Las aguas subterráneas de Ananea contuvieron 10 ppm de Cu(II). Se realizaron 15 experimentos, donde se tuvo como variable dependiente al porcentaje de remoción de Cu(II) y como independientes al pH, los resultados fueron: de porosidad 84.9%, materia orgánica 89%, amoníaco 3 Mg/100, ceniza 11% y con pH de 7,3, los niveles de pH 6,0; 7,1 y 8,0 y la masa de estiércol de ganado vacuno, con niveles de 1 g, 2 g, 3 g, 4 g y 5 g. Alcanzó un porcentaje de remoción del 81% de Cu(II) para los parámetros de remoción se dio con un pH de 8,0 utilizando 5 g de adsorbente. Se concluye que con este método de filtración usando estiércol de ganado vacuno es eficiente para la remoción de Cu(II) mediante adsorción.

**PALABRAS CLAVE:** Adsorción, estiércol de ganado vacuno, cobre, remoción, agua subterránea.



## ABSTRACT

The present research was carried out in the private laboratory MC QUIMICALAB and is titled Cu (II) removal by adsorption in groundwater using cattle manure in Ananea district, where water samples were taken in the Jesús 2004 mining project. three, located in Pampa Baltimore, Ananea district, San Antonio de Putina province, Puno department. The objective is to establish the removal percentage of Cu (II) using cattle manure as an adsorbent in groundwater in Ananea district; the experimental methodology where the filtration and reading method was used in an atomic absorption equipment, cattle manure from Hercca community, Sicuani district, Canchis province, Cusco department, was used, which was ground in a mortar of porcelain, dried and sieved on a set of sieves passed through No. 170 mesh. A synthetic solution with a concentration of 1000 ppm Cu (II) was used for the removal experiments. Groundwater from Ananea contained 10 ppm Cu (II). 15 experiments were carried out, where the Cu (II) removal percentage was considered as a dependent variable and the pH was independent, the results were: 84.9% porosity, 89% organic matter, 3 mg/100 ammonia, 11% ash and with pH 7.3, pH levels 6.0; 7.1 and 8.0 and the mass of cattle manure, with levels of 1 g, 2 g, 3 g, 4 g and 5 g. It reached a removal percentage of 81% of Cu (II) for the removal parameters was given with a pH of 8.0 using 5g of adsorbent. It is concluded that this filtration method using cattle manure is efficient for the removal of Cu (II) by adsorption.

**KEY WORDS:** Adsorption, cattle manure, copper, removal, groundwater.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los adsorbentes inteligentes con alta afinidad por tóxicos específicos, especialmente con multiafinidad tanto por iones metálicos como por contaminantes orgánicos, son muy atractivos para la descontaminación de aguas contaminadas que contengan metales pesados y orgánicos. El problema ambiental generado por la contaminación de metales afecta a todos los seres vivos y al sistema ecológico (Liu et al., 2018).

El agua es un elemento natural de bastante importancia en la vida del ser humano y su interconexión es de bastantes formas, con el sector salud, los alimentos, la energía y la economía, es también el componente más abundante, frecuente y esencial de todos los seres vivos del mundo. El aumento de los contaminantes y la urgente búsqueda de alternativas para su remoción representa un tema clave en el manejo de contaminantes ambientales. (Fernandez et al., 2020). Indica que los principales problemas ambientales es la contaminación del agua; ya que industrias como mineras, la fundición de metales, la producción de combustible y energía a partir del petróleo, entre otras, producen residuos que contienen metales pesados y estos terminan introduciéndose al medio ambiente acuático, debido a un incorrecto tratamiento o disposición final; estos metales pesados tienden a asociarse con una variedad de minerales, como sulfatos y carbonatos, así como con sustancias orgánicas a través del intercambio iónico, la quelación y la adsorción, acumulándose particularmente en los sedimentos superficiales de los cuerpos acuosos (Piña et al., 2019).

Entre los metales pesados se encuentra el Cu(II), el cual al estar disuelto en el agua subterránea, puede ocasionar graves problemas para la población en general; entre los



derivados del cobre se encuentra el divalente, quien al ingerirlo puede ocasionar problemas gastrointestinales, daño renal, dolores de cabeza entre otros (Feoktistova & Clark, 2018).

El adsorbente para disminuir o eliminar los metales pesados para este estudio es el estiércol de ganado vacuno, que a través de su descomposición y sus características fisicoquímicas permite mejorar la calidad de agua en el pozo o noria subterránea.

### 1.1.1. Problema general

¿Cuál es el porcentaje de remoción de Cu(II), utilizando estiércol de ganado vacuno como adsorbente en agua subterránea del distrito de Ananea?

### 1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características físico-químicas del estiércol de ganado vacuno procedente de la comunidad campesina de Hercca?
- ¿Cuál es la masa adecuada de estiércol de ganado vacuno en la remoción del Cu(II)?
- ¿Qué pH será adecuado en la adsorción de Cu(II) utilizando estiércol de ganado vacuno?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La investigación se justifica por su contribución al conocimiento **científico** sobre eliminación de cobre (II), usando estiércol de ganado vacuno como adsorbente en aguas subterráneas, a fin de unirse con el conocimiento existente y formen un nuevo conocimiento; también servirá como aporte para los futuros trabajos que indaguen en las variables de estudio. **Socialmente**, permitirá a las autoridades competentes como; Autoridad Nacional del Agua (ANA), Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), y Ministerio de Salud (MINSA) tomar decisiones apropiadas para el tratamiento del agua y brindar mejor calidad para la vida humana.



Metodológicamente abordará sustento bajo información fiable y aspectos metodológicos que permitan recolectar información verídica. Por último, se justifica de forma **ambiental**, por la modificación de propiedades físicas, químicas y biológicas del medio ambiente causado de forma natural o antropogénica por las labores mineras del distrito de Ananea con limitado control y regulación que vierten gases a la atmósfera terrestre o que emiten líquidos a la naturaleza que afectan al medio ambiente.

### **1.3. OBJETIVO**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar el porcentaje de remoción del cobre Cu(II) utilizando estiércol de ganado vacuno como adsorbente en agua subterránea del distrito de Ananea.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar físico-químicamente el estiércol de ganado vacuno procedente de la comunidad campesina de Hercca.
- Determinar la masa adecuada de estiércol de ganado vacuno en la remoción de Cu(II).
- Determinar el pH adecuado en la adsorción de Cu(II) utilizando estiércol de ganado vacuno.

### **1.4. HIPOTESIS**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

- El porcentaje de remoción de Cu(II) utilizando estiércol de ganado vacuno como adsorbente en agua subterránea del distrito de Ananea superan el 80 %.



#### 1.4.2. Hipótesis específico

- Se identifica las características físico-químicas del estiércol de ganado vacuno procedente de la comunidad campesina de Hercca.
- Se determina la masa adecuada de estiércol de ganado vacuno para la remoción de Cu(II).
- Se determina el pH óptimo para la adsorción de Cu(II) utilizando estiércol de ganado vacuno.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Internacionales

Zhang et al. (2021) realizaron estudios en el país de China para explorar la efectividad de la adsorción de Cu(II) realizada por biocarbón de estiércol de vaca para el tratamiento y reciclaje de desechos ganaderos. Los resultados obtenidos mostraron heterogeneidad en la superficie y las reacciones de adsorción de Cu(II) dominantes fueron la adsorción química, incluida la coprecipitación de minerales y el intercambio de cationes, que representaron el 93,75% - 97,01% de la contribución de adsorción. Sus resultados fueron el análisis de correlación de Pearson y el análisis cuantitativo evidenciaron que la capacidad de adsorción de la coprecipitación ( $Q_{cp}$ ) y el intercambio de cationes ( $Q_{ci}$ ) se correlacionaron significativamente de forma positiva con el contenido de cenizas y la capacidad de intercambio de cationes, respectivamente.

Alvarado (2020) realizó estudios en la Ciudad de México, para evaluar el efecto que los iones  $Ni^{2+}$  y  $Pb^{2+}$  tienen sobre el equilibrio de adsorción de los iones de  $Cu^{2+}$  en la zeolita natural y comercial M325 con y sin tratamiento caustico. Obteniendo que la cantidad de  $Pb^{2+}$  que la zeolita M325 pudo adsorber, fue mucho mayor que la cantidad de  $Cu^{2+}$  y la cantidad de  $Ni^{2+}$ , esto se debe a que dichos cationes metálicos estuvieron presentes de forma individual y también se encontraron de forma combinada, ya sea en parejas o de manera conjunta; aunque es más resaltante, cuando los cationes están de forma única e individual. Además, la aparición de otros cationes de tipo metálicos, si afecta y disminuye la adsorción de todos los cationes presentes en la zeolita M325 (adsorción de cationes que se encuentran en competencia), esto no altera el orden en la adsorción, sigue siendo el mismo.



Giuliano (2020) realizó su estudio en Argentina con finalidad de determinar la capacidad de retención de metales pesados, en medios acuosos, de diferentes fracciones granulométricas de materiales arcillosos de la cuenca Neuquina, que son aptos para ser usados como barreras aislantes de lixiviados de RSU (Residuos sólidos urbanos), y evaluar la influencia de algunos compuestos orgánicos en dicha retención. Utilizando el método de tipo batch, obtuvo que la capacidad de remoción de Cu (II) y Zn (II) en la fracción total reduce con respecto de la fracción arcilla (menos de 2 micrones). Sin embargo, en el caso de la fracción total, los altos valores de capacidad de adsorción máxima para los dos metales indicarían, una aparición de mecanismos de adsorción diferente, relacionados con los otros constituyentes mineralógicos presentes, específicamente los de la calcita. La calcita está presente en la fracción total, se relaciona con los metales generando reacciones de coprecipitación superficial, lo que, incrementa el porcentaje de remoción, si no compite con otros compuestos orgánicos y surfactantes aniónicos.

Galluzzi et al. (2019) estudiaron la capacidad de biosorción de Cu(II) por la biomasa de una cepa bacteriana identificada como *Rhodococcus erythropolis* aislada de muestras ambientales de minería de cobre. La remoción de cobre se examinó bajo distintas condiciones de pH, concentración de biomasa y concentración del metal. El Cu(II) removido lo analizaron por el método ICPOES y la capacidad de adsorción del metal calcularon mediante la construcción de modelos de isothermas Langmuir y Freundlich. Los resultados mostraron que *R. erythropolis* alcanzó 68,03 mg de cobre por gramo de biomasa, a pH 6, mostrando una diferencia de remoción de aproximadamente 34%, cuando se comparó con experimentos a pH 5. Concluyeron con *R. erythropolis* la biomasa debe explotarse como una alternativa a la captación de cobre tanto para fines de



tratamiento ambiental como para desarrollar residuos metálicos de baja concentración en la minera.

Jimng et al.(2018) estudiaron el comportamiento de adsorción de los iones de cobre en solución sobre la ceramsita. Los resultados obtenidos mostraron que la superficie del adsorbente era rugosa y porosa. La capacidad de adsorción de Cu(II) alcanzó 9.421 mg/g con una eficiencia de remoción de cobre de 94.21% a 303 K, una concentración inicial de Cu(II) de 100 mg/L y una dosis de adsorbente de 0.5 g después de 300 min de adsorción. A medida que aumentaba la dosis de sorbente, aumentaba la tasa de adsorción global de cobre, pero disminuía la capacidad de adsorción. La capacidad de adsorción aumentó a medida que aumentaba el pH de la solución. Concluyeron que el modelo de Freundlich favorecía la adsorción isotérmica de Cu(II) por el adsorbente.

Kariuki et al. (2017) evaluaron el potencial del hongo Roger como biosorbente alternativo para la eliminación de iones de metales pesados del agua. Como instrumento se utilizó un espectrofotómetro de adsorción atómica de llama (AA 6200, Shimadzu), que utiliza un sistema de llama de aire-acetileno por lo que todos los químicos utilizados en este trabajo fueron de grado analítico. Los resultados mostraron que las capacidades de adsorción eran de 3,9 y 8,9 mg/g en un tiempo de contacto de 25 a 40 min y una concentración inicial de iones metálicos de 300 a 500  $\mu\text{g/g}$  para Pb y Cu. Concluyeron con la biomasa de hongo Rogers tiene un buen potencial para ser utilizada en la eliminación de iones metálicos y puede utilizarse hasta en tres ciclos de adsorción/desorción sin perder eficiencia.

### **2.1.2. Nacionales**

Suni & Guzmán (2019) determinaron la bioadsorción de Cu(II), presentes en aguas residuales mineras, con cochayuyo. Empleando el método de adsorción atómica de diseño experimental; obtuvieron que el pH adecuado para la remoción de Cu(II) fue de



3,5; el tamaño de partícula del biosorbente utilizado en los efluentes industriales de las minas fue de malla 80 (abertura de 0,2 mm). Se demostró que aumentar el pH y la masa del adsorbente aumenta significativamente el rendimiento de adsorción y la presencia de Cu(II) en un 46,3 %..

Taza & Diaz (2018) tuvo como objetivo medir la tasa de remoción de Cu(II) de soluciones acuosas usando estiércol de vaca como sorbente. Se utilizó como metodología el factor tipo 42 y se lograron un total de 16 combinaciones a través de interacciones a nivel de variables. Los resultados mostraron un área superficial de adsorbente de 17,22 m<sup>2</sup>/g y un diámetro de poro de 11,09 nm. La mayor tasa de eliminación se produjo a pH 6,5 utilizando 2,4 g de adsorbente, con una eliminación del 95,5 % de Cu(II). Se concluye que la isoterma de Langmuir con un coeficiente de correlación R<sup>2</sup> de 0,99 describe mejor el mecanismo de adsorción del cobre divalente por el estiércol de vaca.

Meza & Mallaupoma (2018) tuvieron como objetivo determinar la capacidad de adsorción de la nanoarcilla en la adsorción de iones Cu(II) desde soluciones acuosas. El tipo de metodología utilizada fue experimental, en la cual se realizaron 10 experimentos usando una solución inicial de 50 mg/L Cu(II). Los resultados mostraron que la masa suficiente fue de 2,8 g de nanoarcilla y se logró una eliminación del 96,3 % a pH 8 y 30 minutos de tiempo de contacto. La biomasa de *R. erythropolis* es un material potencial para el tratamiento y remoción de bajas concentraciones de cobre de efluentes acuosos contaminados, con 68.03 mg Cu(II) de biomasa total por gramo de biomasa según el modelo de Langmuir pH 6. Se concluye que se logra la adsorción.

Aguilar & Flores (2018) evaluaron la capacidad de la cáscara de naranja como adsorbente de Cu(II). Empleando la Espectroscopia de Adsorción Atómica (AA), se encontró que el jugo y la cáscara de naranja de Huando (*Citrus cinensis*) estaban desmetoxilados con hidróxido de sodio y reticulados con cloruro de calcio titulado con



HCl 0,01 M. Ambas pieles estaban no desmetoxiladas y desmetoxiladas, y se observó que ambas aumentaban el costo. Esto indica que se incrementan los sitios activos entre el adsorbente y el adsorbato, favoreciendo la adsorción de Cu(II). Además, la máxima capacidad de adsorción de Cu(II) de la biomasa tratada. El más eficaz es la cáscara de jugo de cítricos sinensis a pH 4,  $q_{max} = 8,2850$  mmol/g, tiempo de contacto de 2 h,  $q_{max} = 6,1349$  mmol/g, tamaño de partícula de biomasa tratada  $297 \mu m$ ,  $q_{max} = 4,0257$  mmol/g. La extracción de cáscara de cítricos aumenta el rendimiento de cáscara de naranja tratada con sorbente.

Blanco et al. (2016) estudiaron las potencialidades del material precarbonizado, obtenido de la semilla de la palma *Veitchia Merriillii* abundante en Cuba, en la remoción de Cu(II) y Ni(II), desde soluciones acuosas y a nivel de laboratorio. El material precarbonizado utilizado para absorber Cu(II) y Ni(II) se obtuvo mediante pirolisis de la semilla de *Veitchia Merriillii*. El estudio de adsorción de Cu(II) y Ni(II) a partir de solución acuosa se basó en la selección de la mejor fracción del material precarbonizado de los tres utilizados, siendo la de menor tamaño de partícula la que más adsorbe de los dos iones metálicos estudiados. En todos los casos, la adsorción fue ventajosa según el parámetro de Freundlich  $1/n$ .

### **2.1.3. Locales**

Ordoño & Mendoza (2020) su investigación tuvo por objetivo evaluar la capacidad de adsorción de cobre y arsénico de soluciones acuosas y de aguas residuales de mina, utilizando adsorbente zeolita natural, en sistemas de lecho discontinuo batch, cuya metodología fue experimental. Muestra de solución acuosa que contiene 0,380 mg/L Cu(II) y 0,326 mg/L As(V). Se evaluaron la cantidad óptima de sorbente, el valor de pH y el tiempo de agitación óptimo. Cada evaluación se realizó sobre 08 muestras de 100 ml cada una. Como resultado, las propiedades de la zeolita acondicionada contenían 8.36%,



la cantidad óptima de adsorbente fue de 2 g/L para Cu(II) y As(V), y el tiempo de adsorción óptimo fue de 30% para Cu(II). resultaron ser minutos. ), 70 min para As(V), con un pH óptimo de 5,5 y 6,2, respectivamente. Utilizando los valores óptimos, se logró una eliminación del 99,36 % de Cu(II) y del 52,78 % de As(V) de la muestra de aguas residuales de la mina. De esto se puede concluir que la remoción de Cu(II) y As(V) en los efluentes de la mina es menor que (LMP)-DS. 031-2010. SA y D.S. 004-2017. MINAM.

Anchapuri (2019) tuvo como objetivo en su investigación determinar el porcentaje de cobre en la lixiviación de minerales oxidados de cobre con reactivo orgánico glicina en medio alcalino, cuya metodología fue experimental. Como muestra se tomaron minerales de la mina de Pucará Puno. Siendo los instrumentos el equipo agitador mecánico con paletas, balanza analítica, pH metro, equipos de filtración, mineral de cobre, cal, glicina, etc. Como resultado, se logró una extracción del 82,14 % de cobre en 24 horas mediante el método de lixiviación agitada. La lixiviación con glicina y peróxido dio como resultado una disolución total de cobre del 98% en 48 horas en condiciones ambientales y pH 10,5-11. De esto se puede concluir que la concentración óptima de glicina para la lixiviación por agitación del cobre es de 0,5 M. La solución de lixiviación de glicina disuelve los minerales de cobre oxidados y forma un complejo de cobre y glicina.

Uchiri (2018) tuvo por objetivo determinar la lixiviación de minerales oxidados de Cu mediante el uso de Nitrato de Amonio, en yacimiento minero SocSan de Pucará – Puno, cuya metodología fue experimental. Como muestra se realizó de manera manual del yacimiento minero Socsan localizada. Como resultado, se obtuvo una tasa de extracción de cobre del 93,8% y el modelo cinético ajustado fue un modelo controlado por difusión de la capa porosa, dando una tasa de extracción de cobre del 97,3%. La



lixiviación del mineral de óxido de cobre se completa a partir de una muestra de alta ley de cobre de 8,6% utilizando nitrato de amonio del depósito de la mina SocSan en Pucara Puno. Se realizó una prueba del proceso de lixiviación en medios básicos a una velocidad de agitación de 350 rpm a temperatura ambiente y se logró una extracción de cobre del 93,8%.

Chávez (2017) tuvo como objetivo evaluar la influencia de soluciones de tartrato en la recuperación del cobre a partir de la malaquita mediante el proceso de lixiviación, cuya metodología fue el método deductivo, analítico sintético. Como muestra se consideraron especímenes a partir de minerales de malaquita de 100 kilogramos; siendo el instrumento la Fiola, vaso de precipitados, pipeta volumétrica, pipeta graduada, probetas, bureta, tubos de prueba, piseta. Los resultados obtenidos fueron 1,039 g de cobre recuperado por litro de solución durante 5 días de tratamiento, lo que representa un 26,3 % de recuperación total, y 2,909 g/l durante 32 días, lo que representa un 73,7 % de recuperación total. Representando un valor de 3.948 g/l corresponde a un tiempo de tratamiento de 37 días. Finalmente, concluimos que las soluciones de tartrato no solo son biodegradables y amigables con el medio ambiente, sino también una nueva alternativa tecnológica para el tratamiento del cobre por lixiviación selectiva.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. El agua**

Según Rojas & Brenes (2015) el agua, es fuente de la vida, sus propiedades físicas y químicas lo diferencian de la mayoría de los líquidos, y son las que le dan significado bioquímico. Está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O); es una molécula simple de la que todos los organismos vivos dependen completamente para su supervivencia; es también es el componente más abundante de los seres vivos, representando entre el 65 y el 95 por ciento de la masa de células y tejidos. Como



resultado, el agua es un componente esencial de la estructura y función de los tejidos de los organismos vivos. Según López, Gavidia & Rueda (2004), el disolvente universal, un líquido insípido, inodoro e incoloro que se solidifica cuando se expone al frío y se evapora cuando se expone al calor. Es el resultado de combinar dos átomos de hidrógeno con un átomo de oxígeno. La vida se desarrolla en ella, y ella es también el componente más abundante, frecuente y esencial de todos los seres vivos de nuestro mundo.

Entre las propiedades físicas y químicas del agua, según Marín (2003), la densidad del agua es aproximadamente igual a la unidad (es decir, 0,9999 g/cc a 20 °C). Su tensión superficial varía con la temperatura, desde 75,5 din/cm hasta 0°C en el punto crítico (donde se encuentran los tres estados físico-químicos de la sustancia); también varía con la presencia de gases disueltos y otras sustancias en el líquido.

Según Marín (2003), la temperatura del agua está determinada por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido, la cual está ligada a la energía promedio de sus moléculas.

Según Marín (2003) los gases, las sales, los compuestos inorgánicos, los compuestos orgánicos y los compuestos derivados de la actividad vital de los organismos acuáticos son ejemplos de fuentes naturales y artificiales de olores y sabores en el agua. Los compuestos de olor-sabor de origen artificial pueden ser orgánicos o inorgánicos, y son probablemente más definidos, ya que se puede identificar la fuente concreta del problema.

Para García et al. (2019) el pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno o la acidez del agua.

Según Ramos et al. (2002) la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un cálculo de cuánto oxígeno necesita una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua; es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la



materia orgánica oxidable contenida en el agua bajo condiciones específicas. Se mide en miligramos por litro de oxígeno y te da una idea de cuántas sustancias son susceptibles de oxidarse en las condiciones de esta prueba.

### **2.2.2. Calidad de Agua**

Según Castro et al. (2015) la calidad del agua se mide según un conjunto de parámetros que cuantifican el grado de degradación natural de su calidad y la clasifican para un determinado uso. El Indicador de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua al momento de la prueba y se expresa como porcentaje de agua pura; por ejemplo, el agua altamente contaminada tendrá un valor cercano o igual al 0 por ciento, mientras que el agua en excelentes condiciones tendrá una valoración cerca al 100 por ciento.

### **2.2.3. Contaminación del agua**

Según Gómez (2018) indicó que la contaminación del agua está llegando a niveles críticos, particularmente en países de bajos y medianos ingresos donde las ciudades grandes o medianas carecen de plantas de tratamiento de agua y los ríos contaminados terminan afectando a las poblaciones cercanas y destruyendo los recursos naturales como la flora y la fauna hasta llegar al océano. Los microorganismos como bacterias, virus, hongos y parásitos se encuentran entre los contaminantes que se encuentran en el agua fría, al igual que las sustancias químicas simples o complejas. Entre las sustancias químicas se encuentran los metales pesados, las sustancias radioactivas, los insecticidas, los fertilizantes, los derivados del petróleo, los desechos industriales, los jabones y las drogas legales e ilegales, entre otros.

Los contaminantes de ríos, lagos y otros recursos naturales tienen su origen principalmente en las actividades antropogénicas y la vulnerabilidad del suelo en pequeñas y grandes áreas urbanas; sin embargo, las áreas rurales no son inmunes a la



actividad humana contaminante, ya que el agua suministrada contiene excrementos humanos y animales, desechos químicos y desechos industriales (Gómez, 2018).

**Control de la calidad del agua:** Según Guevara et al. (2019), ANA clasifica las fuentes de agua y monitorea periódicamente la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Su organización incluye la Dirección General de Evaluación de la Calidad de los Recursos Hídricos, que organiza y administra la protección y restauración de la calidad del agua a nivel nacional. A nivel local, la agencia de gestión de agua no concentrada de ANA tiene el poder de monitorear el comportamiento de sus órganos orgánicos (administraciones locales de agua) y de imponer sanciones por violaciones a la ley. Las autoridades locales del agua tienen un papel de monitoreo, control y gobernanza para garantizar que se proteja la calidad de los recursos hídricos. ANA se hace cargo de la gestión del aseguramiento de la calidad.

La ANA supervisa la gestión de la calidad de los recursos hídricos a través de los siguientes procedimientos:

- Planificación, que incluye la formulación de opiniones técnicas para instrumentos de gestión ambiental, el otorgamiento de autorizaciones para plantas de tratamiento de aguas residuales y el saneamiento.
- Evaluación y monitoreo, en el que se desarrolla la evaluación de fuentes contaminantes, el monitoreo de calidad de agua, y diagnósticos de calidad de recursos hídricos.
- Supervisión y fiscalización, que incluye el seguimiento de denuncias y procesos administrativos sancionados, así como inspecciones no programadas de autorizaciones de vertimientos y restos. Además, implica brindar apoyo y capacitación a las organizaciones dispersas para asegurar el cumplimiento del Plan Anual de Fiscalización y Evaluación Ambiental.

### **2.2.5. Norma técnica para la calidad del agua**

El Instituto Nacional de Calidad denominado por sus siglas en español INACAL, rigió algunos requisitos que debe cumplir el agua para considerarla potable, detallando sus estándares de calidad y seguridad para consumo humano (Ministerio de Salud, 2011).

Requisitos biológicos; algunos requisitos microbiológicos argumentan la ausencia de parásitos, protozoarios y coliformes (Ministerio de Salud, 2011).

Sustancias que afectan la salud; tiene que cumplir con los criterios inorgánicos con adecuado arsénico, bario, cadmio, cromo total, cianuro, plomo, mercurio, nitrato, selenio; y orgánicos, dados por compuestos extractables al carbón cloroformo, sustancias activas al azul de metileno y fenoles (Ministerio de Salud, 2011).

### **2.2.4. Metales pesados**

Según la tabla periódica, los metales pesados se clasifican como elementos químicos de alta densidad (superior a 4 g/cm<sup>3</sup>) con masa y peso superior a 20 g/cm<sup>3</sup> y son tóxicos a bajas concentraciones. Estos elementos incluyen aluminio (Al), berilio (Be), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) (Pabón et al., 2020).

Según Cortés et al. (2017) algunos elementos, como Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni y Zn, son esenciales para el funcionamiento y reproducción óptimos de microorganismos, plantas y animales, incluidos los humanos. Sin embargo, al igual que los demás elementos que componen el grupo de los metales pesados, las altas concentraciones de estos elementos pueden ser tóxicas para los organismos.

#### **A. Contaminación de cuerpos de agua por metales pesados:**

Según Piña et al. (2019) Uno de los problemas ambientales más graves es la contaminación de los cuerpos de agua por metales pesados. Industrias como la minería, la fundición de metales, la producción de combustibles y energía a partir del petróleo, la



industria de fertilizantes y plaguicidas y sus aplicaciones, entre otras, producen residuos que contienen metales pesados, que acaban siendo vertidos al medio acuático por un tratamiento inadecuado o disposición. Cuando los metales pesados se encuentran en altas concentraciones en muchos ecosistemas, tienen efectos tóxicos significativos en las células, alterando principalmente la función adecuada de las proteínas o provocando su desnaturalización. Además, dependiendo de las condiciones y características específicas del cuerpo acuoso, estos metales pueden bioacumularse y biomagnificarse a lo largo de la línea de transmisión, provocando graves consecuencias ambientales para el ecosistema marino y la salud humana.

Sánchez et al. (2021) Que los metales con un alto nivel de toxicidad, así como su comportamiento de bioacumulación y biomagnificación, suelen utilizarse como indicadores de la calidad ambiental en cualquier cuerpo de agua que esté expuesto a ellos. Estos metales pesados tienden a asociarse con una variedad de minerales, como sulfatos y carbonatos, así como con sustancias orgánicas a través del intercambio iónico, la quelación y la adsorción, acumulándose particularmente en los sedimentos superficiales de los cuerpos acuosos. Los severos impactos ambientales de la minera en los ecosistemas se atribuyen a las altas concentraciones de metales pesados ligados al azufre, como zinc, plomo, cobre, cadmio y arsénico en ríos, lagos y lagunas.

### **B. Tecnologías de remoción de metales pesados:**

Tejada et al. (2015) Los contaminantes que se producen y dispersan en los acuíferos pueden clasificarse como orgánicos o inorgánicos, no pueden tratarse de la misma manera. Sí, si bien se han desarrollado diferentes tratamientos para los contaminantes orgánicos, como tratamientos físicos, bioquímicos y químicos, estos métodos de tratamiento no son los más apropiados cuando se trata de contaminantes inorgánicos, como los metales pesados, debido a que, en estos casos, está en juego un tipo

diferente de calidad. Como resultado, se han desarrollado técnicas específicas para el tratamiento y eliminación de este tipo de elementos contaminantes acuosos. Estas técnicas pueden considerarse convencionales en comparación con las técnicas comúnmente utilizadas para la eliminación de metales pesados (filtración por membrana, intercambio iónico, adsorción, precipitación química, electrocoagulación y coagulación).

### **C. Filtración por membrana:**

Vries et al. (2020) Esta técnica tiene alta eficiencia, ocupa poco espacio y es simple de operar; sin embargo, uno de sus principales inconvenientes es la generación de grandes cantidades de lodos que contienen metales. Las membranas se pueden clasificar de diversas formas en función de características tales como su peso molecular, el material de la membrana (ya sea sintético o natural), la permeabilidad, la solubilidad de la solución y el solvente, el área superficial y el área superficial activa de la película, y el peso de su superficie. Esta técnica es comúnmente utilizada para recuperar sales de metal utilizadas en procesos como galvanoplastia, reciclado de aceite, elaboración de alimentos y bebidas, etc. Microfiltración, nanofiltración y ultrafiltración son ejemplos de algunas de las técnicas de eliminación realizadas por el método de filtración por membrana.

**C.1. Electrodiálisis:** La electrodiálisis es una técnica de descontaminación capaz de eliminar componentes iónicos de soluciones acuosas utilizando membranas permeables selectivas en un campo eléctrico constante, de tal manera que las membranas se colocan entre dos electrodos, haciendo que los cationes y aniones interactúen catiónicamente y aniónicamente a medida que pasan a través de las respectivas membranas (Morales et al., 2017).

**C.2. Ósmosis inversa:** En el caso de la ósmosis inversa, las membranas se utilizan para la separación mediante difusión controlada o vibración. Esto se basa en el principio



de tamaño y exclusión de carga, que emplea una membrana semipermeable con un rango de poro tamaño de entre 0,1 y 1,0 nm.

**C.3. Nanofiltración:** La nanofiltración es una tecnología de eliminación relativamente nueva que requiere presiones operativas en el rango de 10-50 bar. Como resultado, las membranas utilizadas en este método pueden recolectar especies neutras con un peso molecular de menos de 200 g/mol. Combina ósmosis inversa y ultrafiltración y es un método sencillo con bajo coste energético. Además, requiere una presión más baja que la ósmosis inversa. Sin embargo, el pH, la presión, la temperatura, la composición de la membrana y el sesgo afectan su eficiencia.

**C.4. Ultrafiltración:** Solís et al. (2017) define este proceso de fraccionamiento selectivo que utiliza presiones de hasta 10 bar. Concentraciones de sólidos en suspensiones y soluciones con pesos moleculares superiores a 1000 uma. Las interacciones hidrofóbicas y electrostáticas dentro de la membrana facilitan mucho la separación de los componentes de las soluciones acuosas. Los productos químicos y la metalurgia se usan comúnmente junto con las membranas para mejorar el proceso de ultrafiltración. Esta técnica se llama ultrafiltración mejorada con micelas.

#### **D. Intercambio iónico:**

Como su nombre lo indica, esta técnica implica un intercambio de carga equivalente en el que una matriz sólida, típicamente una resina, tiene la tarea de restablecer los iones metálicos en solución y sustituir diferentes iones con igual carga en su lugar. Es un proceso de separación física en el que los iones intercambiables no están sujetos a ninguna modificación química. Además, en comparación con los procesos de coagulación, esta técnica tiene más ventajas, como una menor producción de lodo, una mayor selectividad y una alta eficiencia en la eliminación de iones metálicos del agua contaminada.



### **E. Precipitación química:**

Osmanlioglu (2018) industrialmente, es la técnica más utilizada por su relativa facilidad de operación; es un proceso rentable y selectivo; pero, a nivel de mantenimiento, es costoso debido a la alta generación de lodos por esta técnica. La precipitación por hidróxidos es una de las técnicas de precipitación química más utilizadas, con bajos costes, fácil control del pH y eliminación por floculación y sedimentación, pero también se utiliza la precipitación por sulfuros, con bajas solubilidades y precipitados no anfóteros. Los agentes quelatantes se han utilizado en algunos casos, sin embargo, estos agentes tienen desventajas significativas, como la falta de uniones necesarias y mayores riesgos ambientales. Para generar un precipitado de metal, los agentes químicos agregados a la solución ajustan el pH para evitar que el precipitado se disuelva en la solución. Estos precipitados luego se aíslan y la solución restante se usa para otros fines. La precipitación química es más eficaz para eliminar iones metálicos como Cu(II), Cd (II), Mn(II) y Zn(II).

### **F. Electrocoagulación:**

Osmanlioglu (2018) es un proceso que aplica los principios de la coagulación-floculación en un reactor electrolítico, el cual es un recipiente dotado de una fuente de corriente y varios electrodos que se encargan de aportar los iones desestabilizadores de partículas coloidales las cuales reemplazan las funciones de los compuestos químicos que se utilizan en el tratamiento convencional, por medio de inducción de una corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas paralelas de hierro o aluminio.

### **G. Biosorción:**

Según Cañizares (2015) indica que el término "biosorción" se refiere a la captura de metales que se produce durante el transcurso de una biomasa entera (viva o muerta) utilizando mecanismos físico-químicos como la adsorción y el intercambio iónico.



Cuando se utiliza biomasa viva, los mecanismos de captura metabólica también pueden ayudar en el proceso. El proceso de biosorción consta de dos fases: una fase sólida (sorbente) y otra líquida (solvente, que suele ser agua) que contiene las especies desunidas que serán sorbidas (sorbato, por ejemplo, iones metálicos). Debido a la gran similitud del sorbente con las especies de sorbato, este último es arrastrado hacia el sólido y enlazado por varios mecanismos. Este proceso continúa hasta que se establece un equilibrio entre el sorbato disuelto y el sorbato sólido (en una concentración final o en equilibrio). La compatibilidad del adsorbente con el sorbato determina su distribución entre las fases sólida y líquida. La cantidad de sorbato que se puede atraer y reconstituir en estado inerte determina la calidad del sorbente.

#### **H. Electroflotación:**

La electroflotación es un proceso electroquímico con cuatro etapas: generación de pequeñas burbujas de gas; contacto entre las burbujas y las partículas de suspensión; adsorción de pequeñas burbujas de gas en la superficie de las partículas y ascenso de burbujas de partículas fijadas en una superficie. Toda la materia flota, provocando el blanqueo del líquido. En la superficie se forma una capa de espuma que contiene flotantes que se eliminan fácilmente (Sousa et al., 2016).

#### **I. Flotación:**

El proceso de flotación de iones se basa en la transferencia de especies iónicas metálicas al agua residual hidrófoba utilizando agentes tensoactivos y la posterior eliminación de estas especies hidrófobas utilizando burbujas de aire (Kyzas & Matis, 2018).

**H. Fotocatálisis en la degradación de metales pesados:** Esta técnica se basa en la transferencia de carga a través de una interfaz entre un semiconductor y una solución acuosa contaminada, donde la conductividad aumenta con la temperatura y se genera un



par electrón-hueco, provocando la adsorción de fotones y la distribución de varios estados electrónicos en la superficie, degradando los colorantes orgánicos. y metales pesados (Pabón et al., 2020).

### **2.2.5. El cobre**

En tanto, el **cobre** cuyo símbolo atómico es Cu, tiene apariencia metálica y color pardo rojizo, es uno de los metales de mayor uso, por lo que se ha utilizado en el arte y en la industria durante alrededor de 7000 años. Por lo que el cobre es un elemento de transición de la tabla periódica cuyo número atómico es 29 y su punto de fusión es de 1083°C, mientras que su punto de ebullición es de 2567°C y tiene una densidad de 8.96 kg/m<sup>3</sup> (Cevallos, 2020).

### **2.2.6. Efectos del cobre sobre la salud**

El cobre puede ser encontrado en muchas clases de comidas, en el agua potable y en el aire. Debido a que absorbemos una cantidad eminente de cobre cada día por la comida, bebiendo y respirando. La absorción del cobre es necesaria, porque el cobre es un elemento traza que es esencial para la salud de los humanos. Aunque los humanos pueden manejar concentraciones de cobre proporcionalmente altas, mucho cobre puede también causar problemas de salud. Por lo que la gente que vive en casas que todavía tienen tuberías de cobre están expuestas a más altos niveles de cobre que la mayoría de la gente, porque el cobre es liberado en sus aguas a través de la corrosión de las tuberías (Rodríguez, 2017).

#### **A. Propiedades físicas:**

El cobre posee varias propiedades físicas que propician su uso industrial en múltiples aplicaciones, siendo el tercer metal, después del hierro y del aluminio, más consumido en el mundo. Después de la plata, es el elemento con mayor conductividad eléctrica y térmica, ya que es un material abundante en la naturaleza; tiene un precio



accesible y se recicla de forma indefinida; forma aleaciones para mejorar las prestaciones mecánicas y es resistente a la corrosión y oxidación (Landeró, 2012).

### **B. Propiedades mecánicas:**

El cobre posee muy buena ductilidad y maleabilidad lo que permite producir láminas e hilos muy delgados y finos. Es un metal blando, con un índice de dureza 3 en la escala de Mohs (50 en la escala de Vickers) y su resistencia a la tracción es de 210 MPa, con un límite elástico de 33,3 MPa. Admite procesos de fabricación de deformación como laminación o forja, y procesos de soldadura y sus aleaciones adquieren propiedades diferentes con tratamientos térmicos como temple y recocido. En general, sus propiedades mejoran con bajas temperaturas lo que permite utilizarlo en aplicaciones criogénicas (Landeró, 2012).

### **C. Características químicas:**

Sus estados de oxidación del cobre son generalmente bajos siendo el más característico el +2 y algunas con estado de oxidación +1. Por lo que este metal dejado a la intemperie su color característico se convierte en rojo violeta esto debido a la oxidación formando el óxido cuproso ( $Cu_2O$ ) posteriormente observándose de una tonalidad negruzca consecuentemente por formación de óxido cúprico ( $CuO$ ). La formación del ion  $[Cu(OH_2)_6]^{+2}$  se expresa con una coloración azul del  $Cu^{+2}$ . Se formará una capa impermeable y adherente de carbonato básico (carbonato cúprico) venenoso y color verde estando expuesto un periodo de tiempo largo en contacto con aire húmedo (Landeró, 2012).

### **D. El cobre en el agua:**

El cobre generalmente se encuentra en la corteza terrestre como óxidos, sulfuros y rara vez en su estado metálico. Como consecuencia del contacto del agua con la corteza terrestre podemos encontrar sales de este metal disueltas en aguas superficiales y en los



mantos subterráneos por la actividad industrial, usualmente en concentraciones menores a 20  $\mu\text{g} / \text{L}$ . Sin embargo, se pueden encontrar concentraciones más altas en puntos de uso de agua como resultado de la corrosión de las tuberías de latón y cobre (Sancha & Lira, 2002).

#### **E. Presencia de cobre en aguas naturales:**

La presencia del cobre en el agua está determinada por varios factores y procesos como son la dureza y alcalinidad del agua, la fuerza iónica, el pH y el potencial redox. La especiación química del cobre en aguas, es muy compleja. Se puede diferenciar entre fracción soluble e insoluble, la fracción insoluble incluye coloides de cobre inorgánico y cobre adsorbido en otros coloides o materias suspendidas y la fracción soluble es mucho más relevante con respecto a la fracción biodisponible y consiste en iones de cobre y una variedad de complejos orgánicos e inorgánicos (Sancha & Lira, 2002).

#### **2.2.7. Adsorción**

En tanto, la **Adsorción**, según Tejada et al. (2015) es una técnica que puede eliminar una amplia gama de contaminantes, además de tener una alta capacidad, rapidez cinética y selectividad según el tipo de adsorbente utilizado. Su estructura física también puede afectar su rendimiento. Es un método de conversión de masa en el que los residuos se transfieren a sitios activos en el adsorbente utilizado a través de interacciones químicas o físicas. Como resultado, la técnica de adsorción es un método de descontaminación fácil de usar que tiene un bajo costo operativo, es flexible, tiene un diseño simple y no produce contaminantes tóxicos. Además, la técnica permite la recuperación del adsorbente para su uso en otras aplicaciones, lo que lo convierte en un método aceptable a nivel ambiental.

Una gran superficie, una buena distribución del tamaño de los poros, los grupos funcionales y la polaridad del adsorbente son todas características que deben estar presentes al elegir un buen adsorbente. Carbones activados, arcillas, biopolímeros,



zeolitas, perlas de sílice, plantas, o desechos lignocelulósicos son algunos de los adsorbentes comúnmente usados para la remoción de colorantes iónicos, metales pesados, materiales radioactivos, entre otros contaminantes, ya sea de tipo orgánico e inorgánico. Aunque, en algunos casos, este tipo de adsorbente está sujeto a una variedad de modificaciones químicas.

**Adsorbentes naturales:** Según Carvajal & Marulanda (2020) también se conocen como biosorbentes, adsorbentes no convencionales o verdes. No se producen solo mediante el uso de materia viva o biomasa, sino también mediante el uso de materiales derivados de la industria alimentaria, agrícola y ganadera.

**Naturaleza química del adsorbato;** se ve favorecida o afectada por el tamaño entre ellos, volumen, masa o peso molecular, los grupos funcionales presentes en su estructura química, solubilidad, relación hidrofobicidad, afinidad relativa entre solución y adsorbente, reactividad, y contaminantes orgánicos (Valladares et al., 2017).

**Propiedades del adsorbente,** diversos aspectos y propiedades del adsorbente, como la densidad de las partículas del material (tamaño de partícula), el área superficial, la porosidad, las propiedades físico-químicas de la superficie del adsorbente, la presencia o ausencia de grupos funcionales, la composición elemental, las propiedades térmicas, y el pH de la superficie del material tienen un impacto significativo en el proceso de adsorción (Valladares et al., 2017).

Los materiales adsorbidos no convencionales que son suficientemente porosos permiten que moléculas, átomos o iones sean atraídos o retenidos en su interior. La estructura química de los tejidos vegetales (tallos, hojas, cáscaras, semillas, razas, etc.) contiene cavidades y poros que permiten el atrapamiento de moléculas pequeñas, como metales, a moléculas grandes, como colorantes. La naturaleza química de estas estructuras poliméricas permite interacciones favorables entre los pares de electrones libres de las



especies (adsorbente y adsorbato), lo que hace que los materiales naturales sean muy atractivos para su uso en la eliminación de contaminantes en el agua (Valladares et al., 2017).

**Adsorbentes convencionales;** carbón activado, alúmina activada, arenas y zeolitas son los principales componentes. Estos materiales adsorbidos han sido tratados previamente y deben regenerarse para recuperar sus propiedades. Estos materiales actúan como adsorbentes porque pueden formar interacciones intermoleculares desfavorables con el contaminante (adsorbente); estas interacciones son fuerzas electrostáticas o de van der Waals que conducen a una fisiorción en la superficie del adsorbente. Los altos costos de estos materiales limitan su uso o los hacen inasequibles en un tratamiento para países con recursos limitados (Valladares et al., 2017).

**Adsorbentes no convencionales;** varios estudios han demostrado la viabilidad de desarrollar materiales con capacidades de adsorción adecuadas a partir de fuentes naturales, despertando el interés en explorar estos materiales "no convencionales" que permiten la reducción o eliminación de contaminantes orgánicos o metálicos de origen natural que se encuentran en el agua residual. Los adsorbentes no covalentes (vegetales o bioadsorbentes) se crean mediante la reutilización de materiales de derecho de paso de las industrias alimentaria y agrícola; estos son materiales de servidumbre de paso, como frutas, verduras y desechos de plantas. A continuación, se muestra una clasificación sencilla, teniendo en cuenta el origen o fuente de los adsorbentes no convencionales utilizados en los métodos de tratamiento de aguas residuales contaminadas: biomasa viva y no viva (microorganismos), materiales de derechos de propiedad agroindustrial materiales de propiedad intelectual relacionados con la industria de procesamiento de alimentos (Valladares et al.,2017).



### 2.2.8. Estiércol de ganado

El estiércol es un recurso valioso que permite completar el ciclo de nutrientes y que hace que gran parte del nitrógeno fijado por las leguminosas y cosechado en forma de forraje pueda volver al suelo, donde estará nuevamente disponible para los subsiguientes cultivos. La cantidad producida supera a la de otros tipos producidos en las zonas rurales. Tiene propiedades que son beneficiosas para las plantas y la tierra, y proporciona estabilidad a la tierra. A pesar de que contiene muy poco nitrógeno, tiene un buen comportamiento en climas fríos (contiene 0,6 % de nitrógeno, 0,3 % de fósforo, 0,4 % de potasio y oligoelementos), (Cairo & Álvarez, 2017).

Según Martín (2015) los estiércoles son uno de los grupos de abonos orgánicos más utilizados hasta la aparición de los abonos minerales o inorgánicos. Proceden de explotaciones ganaderas y se aplican al suelo más que por su fertilizante potencial, por el hecho de generar humus y como resultado, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los estiércoles son excrementos y orinas de animales de granja o aves, con o sin cama, que pueden haber sufrido o no procesos de transformación. Se pueden aplicar con cama o sin cama (la cama es el material vegetal que se esparce por el suelo); el material vegetal usado como cama tiene una gran repercusión en el poder fertilizante del estiércol.

Moreno et al. (2018) indicó que el estiércol es el producto de la fermentación de un material orgánico, generalmente paja, usado como cama de los animales, junto con sus excrementos. Su composición depende de la naturaleza del material utilizado en la cama y del animal del que proceden las deyecciones, así como del tiempo y tipo de fermentación.



### **A. Tipos de estiércol**

Se puede ver una variedad de clases en función a su grado de composición y de la presencia o no de cama.

Según Martín (2015) se definen los siguientes tipos de estiércol:

### **B. Estiércol natural**

Es una mezcla de deyecciones sólidas y líquidas de animales de granja, todo lo cual se ha mezclado con la cama. Esta mezcla está fermentando y cambiando. Al suelo se le pueden aplicar diferentes estados de fermentación, y los podemos encontrar de la siguiente manera:

- Estiércol fresco: la materia orgánica no está muy descompuesta y el material no es homogéneo, así podemos ver perfectamente el material que se ha utilizado como cama, ya que el estiércol no ha sufrido transformación.
- Estiércol semifresco: Tiene un nivel medio de descomposición
- Estiércol maduro: La materia orgánica está bastante descompuesta y la sustancia es homogénea. Debido a que el estiércol inicial se ha transformado por completo, es imposible distinguir el material que se utilizó como cama.
- Cuanto más descompuesto esté el estiércol, más beneficios traerá al suelo.

### **C. Estiércol semilíquido o lissier**

Es una mezcla de deyecciones líquidas y sólidas del ganado diluido en agua (en una proporción de 1 a 3 o de 1 a 6). Normalmente este estiércol procede de las deyecciones que son recogidas en las balsas o fosas y están mezcladas con el agua de arrastre de limpieza de los suelos de los establos. Este tipo de estiércol no tiene cama.

Las principales características de este tipo de estiércol son las siguientes:

- Se utiliza por su facilidad de manejo, transporte y distribución, ya que es esencialmente líquido.



- El poder fertilizante depende del tipo de ganado, de la alimentación que este haya tenido y del grado de dilución del mismo. Es un buen fertilizante compuesto que aporta nitrógeno, fósforo, potasio y calcio.
- Actúa rápidamente debido a que el nitrógeno que posee está en una forma directamente asimilable por las plantas y no necesita transformaciones.

#### **D. Estiércol artificial**

Es un tipo de estiércol que se produce en operaciones de no recolección que se elabora a partir del compostaje o fermentación de desechos vegetales.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

Para caracterizar fisicoquímicamente el estiércol de ganado vacuno se aplicó la siguiente metodología.

#### **3.1. ASPECTOS GENERALES DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL DISTRITO DE ANANEA - PROYECTO MINERO JESUS 2004 TRES**

##### **3.1.1. Ubicación del área de estudio**

El área de estudio donde se realizará la toma de muestra se encuentra ubicada en el proyecto minero Jesús 2004 tres, ubicado en Pampa Baltimore, distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno específicamente en las siguientes coordenadas E: 0434432 N: 8379023 donde se muestra en la figura 1.

Ananea conocida como la ciudad dorada de los Andes es un distrito de la provincia de San Antonio de Putina, en el departamento de Puno; está ubicado a 4 610 metros sobre el nivel del mar, en una superficie de 939,6 km<sup>2</sup>. Entre las provincias que lo limita al norte, se tiene a Sandía distrito de Sina, al este con Bolivia, al sur con la provincia de Huancané, mientras que al Oeste con el distrito de Putina.

Aproximadamente la población oscila entre 20 572 habitantes, que tienen como principal economía es la minería y ganadería. Es un distrito donde existen minas de oro filoniana y aluvial.

En la figura 1, se detalla la ubicación del área de estudio de donde se tomara la muestra de agua para previo análisis.

## Mapa de ubicación: proyecto minero Jesús 2004 tres

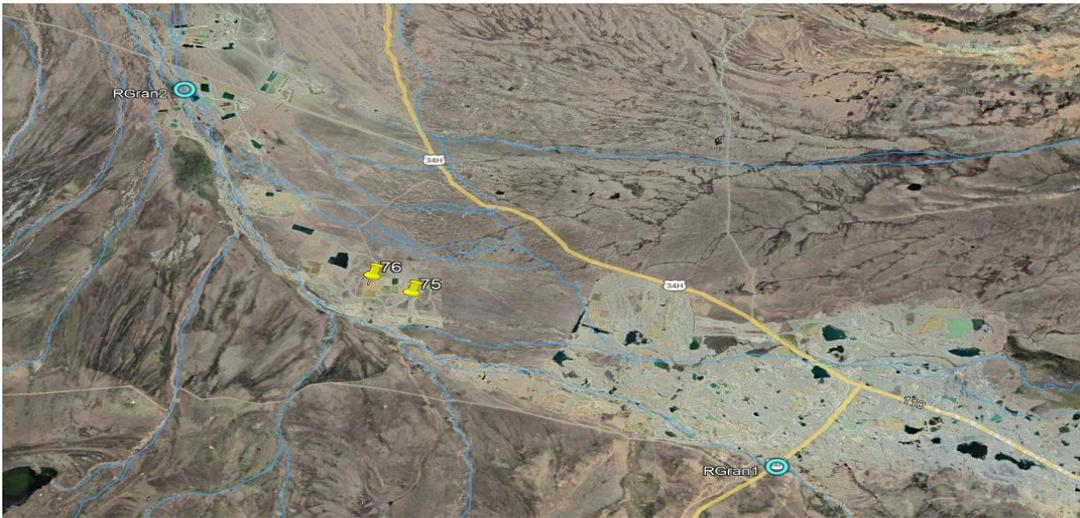


Figura 1 Mapa de ubicación: Proyecto minero Jesús 2004 tres

Se utilizará un recipiente de plástico esterilizado de 500 mL de capacidad, la muestra será almacenada en envases cerrados herméticamente, resguardados de la luz y evitando que la muestra se caliente, por lo que será refrigerada en un cooler hasta su transporte y entrega a un laboratorio.

### 3.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

#### 3.2.1. Material experimental

Los materiales que se emplearon en el desarrollo de la experimentación del presente proyecto.

#### 3.2.2. Equipo de seguridad

- Mandil de laboratorio
- Mascarilla quirúrgica
- Guantes quirúrgicos

#### 3.2.3. Equipos e instrumentos

- Vasos de precipitados 100 mL y 250 mL
- Matraces Erlenmeyer 100 mL y 250 mL
- Embudo de vidrio



- Piseta
- Mortero de porcelana
- Papel filtro Whatman N° 42
- Fiolas 50, 100, 500, 1000 mL
- Buretas 50, 100, 250 mL
- Pipetas 2 y 5 mL
- Tubos de ensayo 10 mL
- Capsula de platino
- Crisol
- Mufla eléctrica
- Crisoles
- Espátula
- Varillas de vidrio
- Pinzas
- Desecador
- Probeta 10 mL
- Picnómetro

#### **3.2.4. Equipos**

- Equipo de adsorción atómico AA1N Karl Seiss
- Equipo espectrofotómetro Camspec M105
- Balanza analítica de 3 decimales, marca Sartorius
- Estufa eléctrica Barnstead Thermolyne
- Agitador Orbital (DLAB SK-0330 Pro)
- Juego de tamices (Escala Tyler)



### **3.2.5. Reactivos**

- Sulfato de Cobre Pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )
- Ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )
- Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ )
- Selenio ( $\text{Se}$ )
- óxido de mercurio ( $\text{HgO}$ )
- agua destilada ( $\text{H}_2\text{O}$ )

### **3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

#### **3.3.1. Metodología para el objetivo 1**

#### **PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO**

#### **3.3.2. Tratamiento de la materia prima**

La muestra que se ha utilizado para el presente trabajo de tesis es el estiércol de ganado vacuno se tomó de la Comunidad Campesina de Hercca., Distrito de Sicuani., Provincia de Canchis., Departamento de Cusco, cuyas características fisicoquímicas se han analizado en el laboratorio Ciencias Naturales, Aguas, Suelos, Minerales y Medio Ambiente MC QuímicaLab y los resultados se muestran en el informe N° LQ 0051-21.

Luego del muestreo se procedió a su limpieza, con la finalidad de separar restos de vegetales y otras impurezas, en seguida se extendió sobre una superficie limpia para secado a temperatura ambiente durante 20 días.

La muestra de estiércol de ganado vacuno previamente secado, se molió en un mortero de porcelana, luego se tamizó utilizando un juego de tamices en malla N° 170.



### **3.3.3. Caracterización fisicoquímica del estiércol de ganado vacuno**

Con la finalidad de conocer las características fisicoquímicas de la muestra de estiércol de ganado vacuno.

### **3.3.4. Determinación de la humedad**

La humedad de la muestra representa el contenido de agua, donde la humedad de la muestra es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente dentro de una masa de suelo. Su determinación permite establecer el tipo de suelo presente en el área analizada.

Fundamento:

El método se basa en eliminar la humedad contenida en la muestra mediante secado en estufa, y por diferencia de peso calcular el porcentaje de agua.

### **3.3.5. Determinación de densidad aparente**

La densidad aparente ( $D_a$ ) describe la compactación representando la relación entre sólidos y espacio poroso, adicionalmente, se asocia con la disponibilidad y tasa de difusión de nutrientes (Lizcani et al., 2017).

La determinación de la  $D_a$  se realiza por medio del método de cilindro o por medio de un terrón parafinado.

### **3.3.6. Determinación de densidad real**

Corresponde al peso de la unidad de volumen de los sólidos de la muestra, se determina obteniendo el peso seco de la muestra y el volumen ocupado por los sólidos de la muestra. El volumen se halla por medio del método de picnómetro, y el procedimiento corresponde a la aplicación del principio de Arquímedes, es decir, determinar qué volumen de líquido desplaza los sólidos al ser sumergidos (Lizcani et al., 2017).



### **3.3.7. Determinación de porosidad**

Es el espacio de los poros en la muestra, que puede estar ocupado por el aire o el agua en proporciones variables. Es una razón, que no tiene dimensiones y se expresa generalmente en porcentajes (por volumen).

La determinación de la porosidad consiste en sumergir en medio poroso completamente en un fluido humectante en vacío durante suficiente tiempo, para causar que el fluido humectante penetre todos los poros. La muestra es pesada antes y después, estos dos pesos junto con la densidad del fluido permiten la determinación del volumen del poro. Cuando la muestra se encuentre completamente saturada con el líquido humectante da directamente el valor del volumen de la muestra (Lizcani et al., 2017).

### **3.3.8. Determinación de nitrógeno total y determinación de amoníaco**

Consiste en una digestión de la muestra con ácido sulfúrico, convirtiendo todo el nitrógeno en amonio y destilar este producto, para finalmente valorarlo por acidimetría.

La acción de catalizadores (sulfato cúprico, selenio, óxido mercuríco o mezcla balanceada de ellos) es irremplazable para el ataque y conversión del nitrógeno en amonio. Así mismo, sólo un buen control de la temperatura asegura el correcto y total desprendimiento del producto deseado (Lizcani et al., 2017).

### **3.3.9. Determinación de fibra**

La fibra bruta se pierde en la incineración del residuo seco obtenido tras la digestión de las muestras con  $H_2SO_4$  y  $NaOH$  bajo condiciones específicas. El método de determinación no ha experimentado variaciones esenciales desde su introducción por los químicos agrícolas alemanes en 1864.

- Disolución de ácido sulfúrico 0,255N
- Disolución de hidróxido sódico 0,313 N



- Extiéndase sobre una cápsula de evaporación la muestra, lavado al ácido y caliéntese a 600° C durante 16 horas en una mufla. Hiérvase durante 30 minutos con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1,25%, fíltrese, lávese intensamente con agua y hiérvase durante 30 minutos con NaOH al 1,25%; y lávese una vez con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1,25 y luego, intensamente, con agua; deséquese e incinérese durante dos horas a 600°C.

### 3.3.10. Determinación de ceniza

**Método 1-9.** Determinación de cenizas totales. Método general.

Pésese con precisión (o méidase con una pipeta si se trata de un líquido) una cantidad equivalente a 25 g. De extracto de una muestra bien homogenizada capsula de porcelana, relativamente ancha y previamente tarada tras haber sido incinerada. Utilícese una capsula de porcelana, a menos que se indique otra cosa.

Si la muestra contiene abundante agua, manténgase sobre un baño de vapor hasta sequedad aparente, e incineres luego hasta peso constante en una mufla eléctrica equipada con pirómetro indicador y termostáticamente controlado a la temperatura recomendada para la muestra que se trate Si no se recogió ninguna temperatura en especial, coloque a 525- 550 °C. Incinere hasta que las cenizas adquieran un color blanco – o grisáceo; pásese directamente a un desecador (es preferible usar uno para cada cápsula), enfríe a la temperatura ambiente y pésese de inmediato.

### 3.3.11. Metodología para el objetivo 2

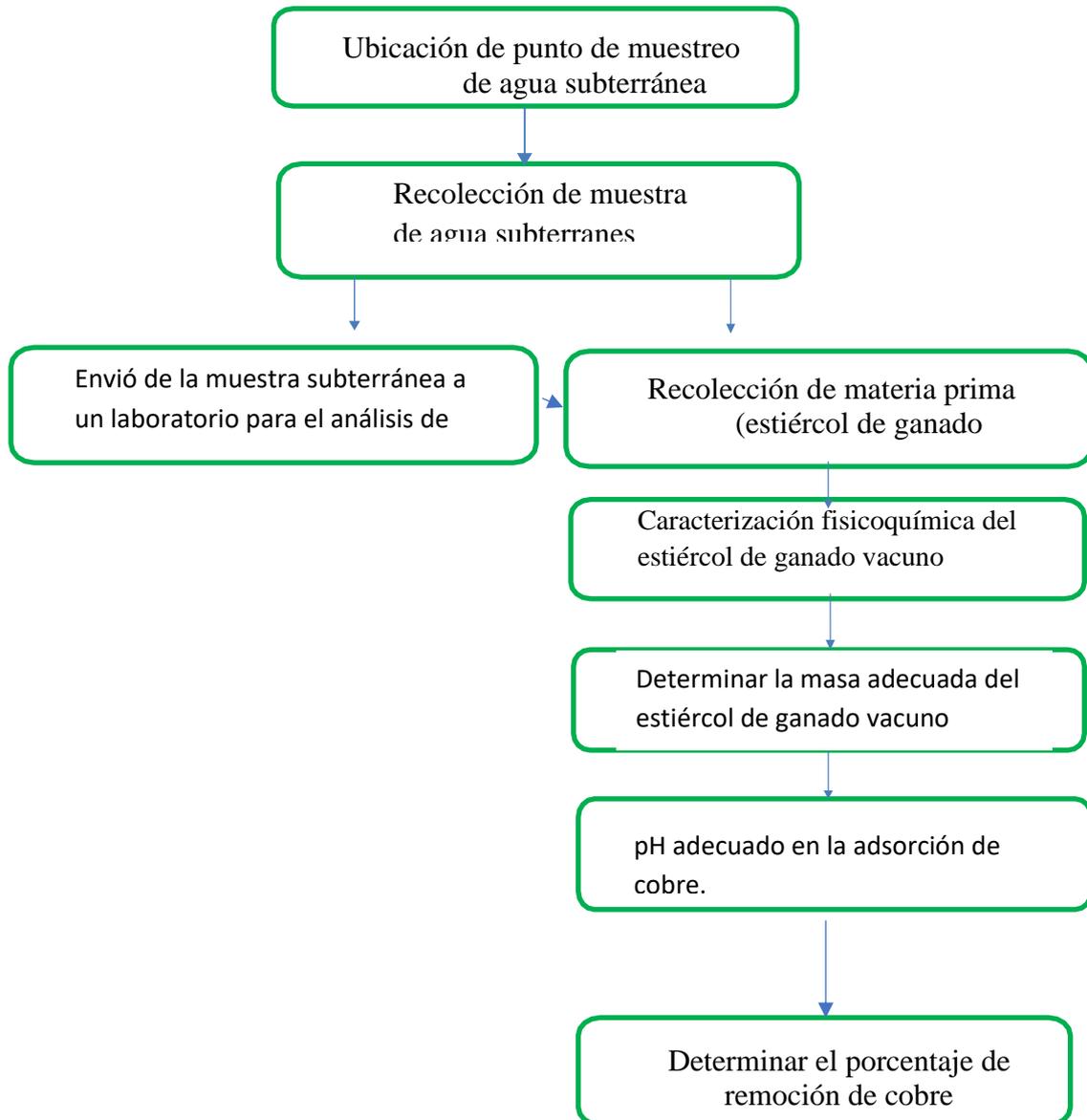
## CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CU(II) CON ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO

Tabla 1 Diseño experimental con las variables independientes y dependientes

DISEÑO EXPERIMENTAL FACTORIAL			
Variables independientes			Variable dependiente
N°	pH	masa de estiércol de ganado vacuno (g)	Porcentaje de remoción de Cu (II) (%R)
1	6	1	%R1
2	6	2	%R2
3	6	3	%R3
4	6	4	%R4
5	6	5	%R5
1	7,1	1	%R6
2	7,1	2	%R7
3	7,1	3	%R8
4	7,1	4	%R9
5	7,1	5	%R10
1	8	1	%R11
2	8	2	%R12
3	8	3	%R13
4	8	4	%R14
5	8	5	%R15

En la tabla 1 se muestra los experimentos de remoción de cobre en un reactor batch se llevaron a cabo de acuerdo al diseño experimental factorial. Obteniendo un total de 15 combinaciones mediante la interacción de los niveles de las variables independientes, estableciéndose de esta forma el número de experimentos a realizar.

### DIAGRAMA DE BLOQUE DE PROCESO



*Figura 2 Proceso de desarrollo de las etapas del proyecto para determinar el porcentaje de remoción de cobre.*

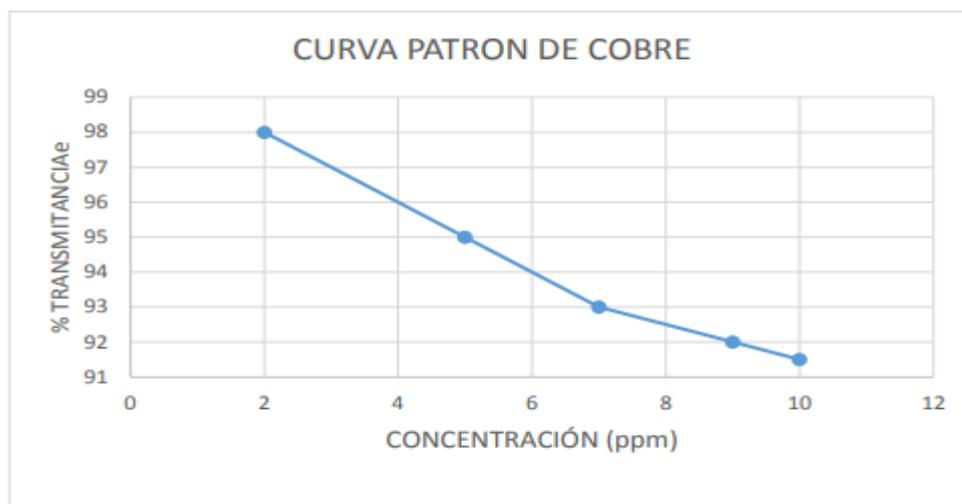
### 3.4. PREPARACIÓN DE LA CURVA PATRÓN DE LA SOLUCIÓN ACUOSA DE CU (II)

Para las pruebas de adsorción de cobre con el estiércol de vacuno se ha requerido preparar previamente una curva patrón para los análisis de las pruebas de adsorción de cobre. El reactivo utilizado sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Primeramente, se ha preparado una solución madre de 1000 ppm de concentración de cobre para lo cual se ha pesado 3,930 g de reactivo y se ha disuelto en 1 L de agua destilada. A partir de esta solución madre se ha preparado las concentraciones requeridas para la curva patrón que se muestra en la siguiente Tabla 2.

*Tabla 2 Caracterización de la curva patrón para los análisis de las pruebas de adsorción.*

[Cu] ppm	%T
2	98
5	95
7	93
9	92
10	91.5

En la tabla 2 se observa la preparación para la caracterización de una curva patrón para los análisis de las pruebas de adsorción de cobre.



*Figura 3 Curva patrón para el análisis de las pruebas de adsorción.*

En la figura 2 se muestra la curva patrón para las pruebas de adsorción de cobre con estiércol de ganado vacuno.

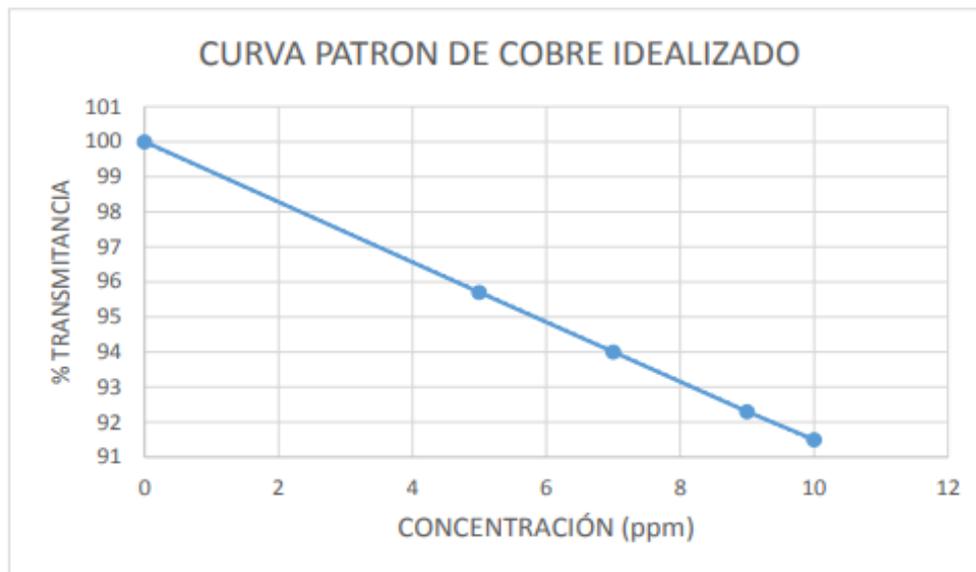


Figura 4 Curva patrón idealizado para el análisis de muestra

Figura 3 muestra la curva de patrón idealizado para las pruebas de adsorción de cobre con estiércol de ganado vacuno.

### 3.5. EXPERIMENTOS DE REMOCIÓN DE COBRE CU(II) CON ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO

Para realizar los experimentos de remoción de cobre Cu(II), se siguieron los siguientes pasos:

- Rotular 5 vasos de precipitado de pruebas con un volumen de solución de 100 mL.
- Agregar a cada vaso de precipitado el adsorbente que es estiércol de ganado vacuno previamente secado, molido y tamizado en malla 170 de 1 a 5 g en forma secuencial.
- Llevar a agitación en un agitador orbital a 250 rpm por 30 minutos, a temperatura ambiente, controlando el pH a 6, 7.1 y 8.



- Después de haberse cumplido el tiempo de contacto establecido, las muestras obtenidas se centrifugaron a 5000 rpm por un periodo de 15 min. Realizar esta operación hasta observar la completa separación de la parte sólida de la líquida (solución totalmente cristalina sin restos de estiércol).
- Realizadas esta operación, las soluciones obtenidas fueron llevadas a análisis por absorción atómica, para conocer la concentración final de cobre divalente de cada una de las muestras.

### **3.6. PRUEBA DE ADSORCIÓN**

Para realizar las pruebas de adsorción de cobre se ha preparado una solución de cobre de 10 ppm a partir de la solución madre utilizando la ecuación:

$$V_1N_1=V_2N_2$$

Luego se ha distribuido en 5 vasos de pruebas con un volumen de solución de 100 mL. A cada uno de los vasos se agregó el adsorbente de 1 a 5 g en forma secuencial.

Después de 30 minutos de permanencia con una agitación muy suave se ha procedido a la filtración de cada uno de ellos y se ha llevado a la lectura de la concentración de cobre de cada uno de los vasos utilizando el equipo de absorción atómica.

### **APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO DE REMOCIÓN DE CU (II) A DRENAJE ÁCIDO DE MINA**

Para realizar la presente investigación, mediante el proceso de adsorción, se usó muestra de proyecto minero Jesús 2004 – tres, ubicada en Pampa Baltimore, distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina, Departamento de Puno.

Se tomó 1 litro de muestra, el cual se llevó a análisis químico para conocer la concentración de cobre.



Una vez conocida la concentración de cobre, se realizó el tratamiento mediante filtración, utilizando los parámetros de pH y masa, determinados en el tratamiento previo.

Una vez realizada el tratamiento, se lleva a absorción atómica para conocer la concentración final del Cu(II) y demostrar la eficiencia del proceso en un efluente real.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS PARA EL OBJETIVO 1

#### CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICAMENTE DEL ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO PROCEDENTE DE LA COMUNIDAD DE HERCCA.

**Distrito:** Sicuani

**Provincia:** Canchis

**Departamento:** Cusco

**Fecha:** 08/08/21

**Resultados:**

*Tabla 3 Caracterización fisicoquímica del estiércol de ganado vacuno procedente comunidad campesina de Hercca.*

<b>Determinaciones</b>	<b>Unidad</b>	<b>M</b>
Humedad	%	14
Densidad aparente	g/cc	0,31
Densidad real	g/cc	1,74
Porosidad	%	84,9
Materia orgánica	%	89
Nitrógeno total	%	4,5
Amoniaco	Mg/100	3
Fibra	%	32
Ceniza	%	11
Ph		7,3

En la tabla 3 se observa que el método de análisis del estiércol de ganado vacuno para conocer la caracterización físico química del estiércol de ganado vacuno procedente de la comunidad de Hercca. La misma que se utilizó para la determinación de eficiencia en remoción de Cu(II) en agua subterránea del distrito de Ananea.

#### 4.1.1. Resultados para el objetivo 2

#### DETERMINACIÓN DE LA MASA ADECUADA DE ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO EN LA REMOCIÓN DE CU (II).

En la Tabla 4 se muestra las pruebas de adsorción de cobre a pH 6, pH 7,1 y pH 8, donde existen 5 muestras, analizando el peso adsorbente, el porcentaje de temperatura (%T) y curva patrón (ppm); para pH 6, la %T menor fue del 91%, mientras que el %T mayor fue 97.2%. Las pruebas de adsorción de cobre a pH 7,1, el %T menor fue del 91% en la M<sub>0</sub>, mientras que el %T mayor fue 98% en la M<sub>5</sub>. Las pruebas de adsorción de cobre a pH 8, el %T menor fue del 91% en la M<sub>0</sub>, mientras que el %T mayor fue 98.2% en la M<sub>5</sub>. Los resultados presumen que a mayor %T menor Curva patrón, y viceversa.

*Tabla 4 Identificación de la masa adecuada de estiércol de ganado vacuno para remoción de Cu(II).*

pH	Muestra	Peso adsorbente		
		(g)	%T	ppm
pH6	M <sub>0</sub>	0	91	10
	M <sub>1</sub>	1	92,8	8
	M <sub>2</sub>	2	94,6	6
	M <sub>3</sub>	3	95,9	4,5
	M <sub>4</sub>	4	96,7	3,5
	M <sub>5</sub>	5	97,2	3



pH7.1	M <sub>0</sub>	0	91	10
	M <sub>1</sub>	1	93	7,8
	M <sub>2</sub>	2	94,5	6,1
	M <sub>3</sub>	3	96,3	4
	M <sub>4</sub>	4	97,2	3
	M <sub>5</sub>	5	98	2,1
pH8	M <sub>0</sub>	0	91	10
	M <sub>1</sub>	1	93,5	7,2
	M <sub>2</sub>	2	94,8	5,8
	M <sub>3</sub>	3	96,7	3,5
	M <sub>4</sub>	4	97,5	2,7
	M <sub>5</sub>	5	98,2	1,9

En la Tabla 4 se observa las pruebas de adsorción de cobre a pH 6, pH 7,1 y pH 8, analizando el peso adsorbente, el porcentaje de transmitancia y curva patrón (ppm), los resultados presumen que a mayor %T menor Curva patrón, y viceversa.

El tabla 5 se se muestra el pH6 se observó la cantidad de iones cobre divalente adsorbidos por unidad de masa de estiércol de ganado vacuno, donde se observó en la M<sub>5</sub>, se obtuvo una cantidad de 0,70. siendo la mayor de todas las muestras. Con pH 7,1 la cantidad de iones cobre divalente adsorbidos por unidad de masa de estiércol de ganado vacuno, se observó en la M<sub>5</sub>, se obtuvo una cantidad de 0,79. Siendo la mayor de todas las muestras. Con respecto al pH8 la cantidad de iones cobre divalente adsorbidos por unidad de masa de estiércol de ganado vacuno, donde se observó en la M<sub>5</sub>, se obtuvo una cantidad de 0,79. siendo la mayor de todas las muestras.



*Tabla 5 Masa de estiércol de ganado vacuno en la remoción de Cu (II) en el distrito de Ananea.*

pH	Muestra	Peso muestra (g)	Q <sub>e</sub> (mg/g)
pH6	M <sub>0</sub>	0	0
	M <sub>1</sub>	1	0,2
	M <sub>2</sub>	2	0,4
	M <sub>3</sub>	3	0,55
	M <sub>4</sub>	4	0,65
	M <sub>5</sub>	5	0,70
pH7.1	M <sub>0</sub>	0	0
	M <sub>1</sub>	1	0,22
	M <sub>2</sub>	2	0,39
	M <sub>3</sub>	3	0,6
	M <sub>4</sub>	4	0,7
	M <sub>5</sub>	5	0,79
pH8	M <sub>0</sub>	0	0
	M <sub>1</sub>	1	0,28
	M <sub>2</sub>	2	0,42
	M <sub>3</sub>	3	0,65
	M <sub>4</sub>	4	0,73
	M <sub>5</sub>	5	0,79

#### 4.1.2. Resultados para el objetivo 3.

### DETERMINACIÓN DEL PH ADECUADO PARA LA ADSORCIÓN DE CU(II) UTILIZANDO ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO.

Tabla 6 Parámetros de campo para agua subterránea del distrito de Ananea de acuerdo a la categoría 3 que es de riego de vegetales y bebidas de animales.

DECRETO SUPREMO N° 004-2017- MINAM ECA-Agua (PARÁMETROS DE LOS ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA)		CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES			
UNIDAD		AG19000474	AG19000475	RGran2	
PARAMETROS DE CAMPO	Potencial de Hidrógeno	Unidad de pH	7,58	7,57	6,098
	Temperatura	°C	19,4	19,5	11,015

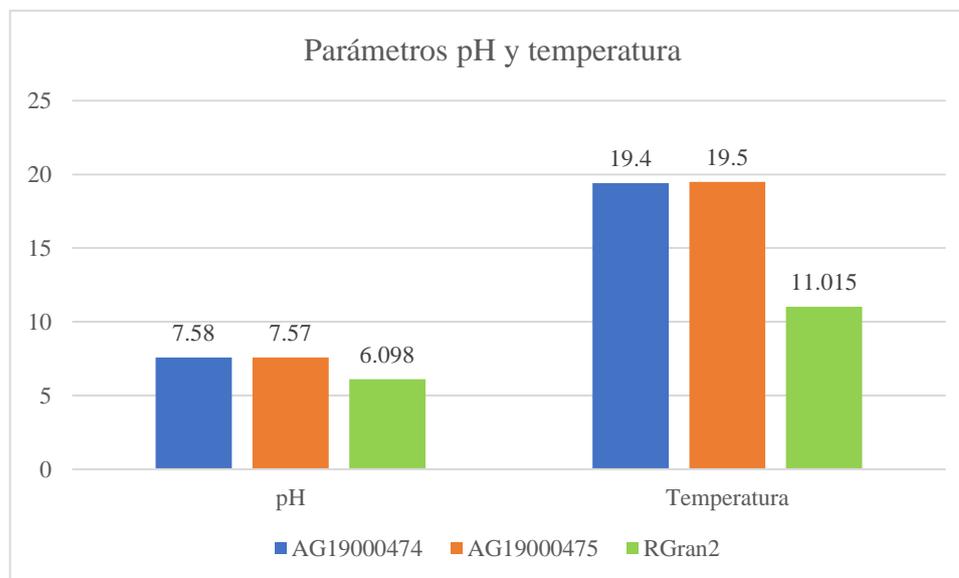


Figura 5 Parámetros de campo para agua subterránea del distrito de Ananea para ver que no excedan los límites máximos permisibles



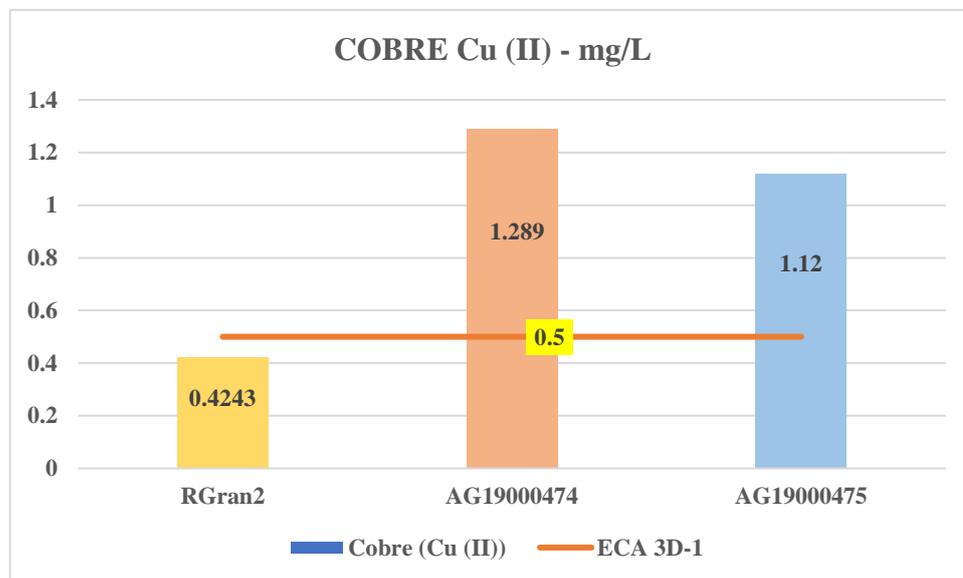
En la Figura 5 se observa los parámetros del agua subterránea se puede evidenciar que el pH en el RGran2 es 6,098 , valor menor al obtenido en el análisis de la mina, quién arrojó valores iguales a 7,58 pH medido el 21/06/2021 a las 14:00 horas, y 7,57 pH medida después de 10 minutos. Por su parte la temperatura obtuvo un grado de 11.05 en el RGrand2, mientras que en AG1900074 obtuvo un valor de 19, 4° C y en AG1900075, un valor de 19, 5° C.

Cabe mencionar que pueden estar en parámetros de pH, pero sus niveles de cobre son los no adecuados para ser utilizada como consumo de animales y vegetales.

*Tabla 7 Comparación entre el cobre Cu(II) de agua subterránea obtenida de proyecto minero Jesus 2004 tres con los parámetros de los estándares de calidad ambiental.*

PAMPA BALTIMORE – ANANEA – SAN ANTONIO DE PUTINA - PUNO			
CÓDIGO INTERNO L.A.S			
CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES			
		AG19000474	AG19000475
PARÁMETROS	RGran2	Fecha y hora: 21/06/2021; 14:00	Hora: 21/06/2021; 14:10
Cobre (mg/L)	0,4243	1,289	1,12
		0,5	
	0,5		0,5
ECA 3D-1			

En la tabla 7 se puede observar que la muestra obtenida de proyecto minero Jesús 2004 tres excede los estándares de calidad ambiental.



*Figura 6 Comparación entre el cobre Cu (II) y los parámetros en los estándares de calidad ambiental.*

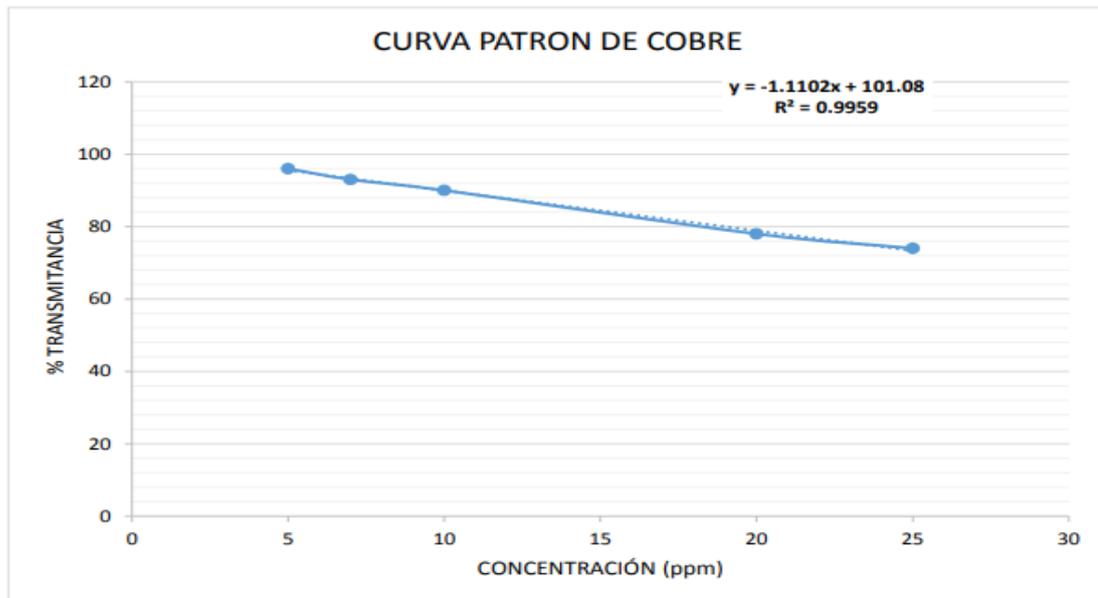
En la figura 6 se observó que los estándares del ECA 3D-1, son inferiores al RGran2, el cual obtuvo un valor igual a 0,4243; asimismo, los indicadores obtenidos por el laboratorio arrojaron que el indicador de cobre Cu (II), fue 1,289 mg/L, mientras que luego de 10 minutos se tomó otra muestra y disminuyó a 1,12 mg/L. Cabe indicar que a pesar de todos los valores están por encima del valor máximo establecido en el ECA. Es decir, el agua subterránea presenta restricciones para el riego de vegetales y el consumo de los animales.

### **CURVA PATRÓN**

Reactivo:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Solución original: 1000 ppm Cu(II)

Para prepara esta solución se ha pesado 3.930 gr. de sulfato de cobre y se disolvió a un litro. A partir de esta solución se ha preparado diluciones que se requieran para el experimento de pruebas de adsorción.



*Figura 7 Curva Patrón De Cobre Para Las Pruebas De Adsorción Con Estiércol De Ganado Vacuno.*

En la figura 7 se observó el modelo lineal de la curva patrón de cobre, donde se evidenció la concentración (ppm), y el porcentaje de transmitancia, siendo la concentración mínima de 5 ppm y el máximo de 25 ppm, asimismo, el porcentaje mínimo de transmitancia fue de 74%, y el máximo de 96%. El modelo queda especificado en un 99.5%.

#### **4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

De acuerdo a los tres pH, se puede observar que a medida que se incrementó el pH, se incrementó el porcentaje de remoción, es decir, cuando se trabajó con pH de 8, la quinta muestra fue del 81% de remoción. Resultados muy disimilares contrastó Taza y Diaz (2018), quién encontró que el mayor porcentaje de remoción se dio con un pH de



6.5 y utilizando 2.4g de adsorbente, tomando un 95.5% de remoción de Cu (II). Para Meza y Mallaupoma (2018), se analizó la masa adecuada siendo el 2.8 g en el cual obtuvo el 96.3% de remoción de Cu (II); el pH si coincidió con el presente trabajo pues ocupó un valor de 8 en un tiempo de 30 minutos.

Jimp et al. (2018) argumentó que la capacidad de adsorción aumentó con el aumento del pH de la solución; Galluzzi et al. (2018) también afirma que las condiciones de pH dependen de la capacidad de adsorción para remover el cobre. Kariuki et al. (2017), también señaló que la biomasa de hongo Rogers tiene un buen potencial para ser utilizada en la eliminación de iones metálicos y puede utilizarse hasta en tres ciclos de adsorción/desorción sin perder eficiencia. Zhang, et al. (2021) mostraron heterogeneidad en la superficie y las reacciones de adsorción de Cu (II) dominantes fueron la adsorción química, incluida la coprecipitación de minerales y el intercambio de cationes, que representaron el 93.75% - 97.01% de la contribución de adsorción.

En ese contexto la adsorción es una técnica que puede eliminar una amplia gama de contaminantes, además de tener una alta capacidad, rapidez cinética y selectividad según el tipo de adsorbente utilizado. Su estructura física también puede afectar su rendimiento. Es un método de conversión de masa en el que los residuos se transfieren a sitios activos en el adsorbente utilizado a través de interacciones químicas o físicas. Es un método de descontaminación fácil de usar que tiene un bajo costo operativo, es flexible, tiene un diseño simple y no produce contaminantes tóxicos. Además, la técnica permite la recuperación del adsorbente para su uso en otras aplicaciones, lo que lo convierte en un método aceptable a nivel ambiental (Pabón, et al., 2020).



## V. CONCLUSIONES

- El estiércol de ganado vacuno para la determinación de eficiencia en remoción de Cu(II) en agua subterránea del distrito de Ananea; provino de un corral de la comunidad de Hercca, distrito de Sicuani, provincia de Canchis, departamento de Cusco, y su caracterización físico-química presenta el 14%, Densidad aparente de 0,31g/cc, Densidad real de 1,74g/cc, Porosidad del 84,9%, Materia orgánica 89%, Nitrógeno total 4,5%, Amoniac 3 mg/100, Fibra 32%, Ceniza 11% y pH 7,3.
- La masa adecuada de estiércol de ganado de vacuno extraída de la comunidad Hercca fue de 5 g, obteniéndose un porcentaje de remoción del 81% con un pH 8.
- El pH adecuado para la adsorción de cobre Cu II) en aguas subterráneas del distrito de Ananea es pH 8 ligeramente alcalino, pues permite incrementar el porcentaje de remoción, sin embargo, los resultados de la mina, posee valores de cobre muy altos comparados al ECA, lo cual concluye que el agua subterránea presenta restricciones para consumo de animales y regadío de vegetales.



## VI. RECOMENDACIONES

- Para realizar la caracterización fisicoquímica óptima se tiene que realizar la limpieza del estiércol de ganado vacuno.
- Utilizar estiércol de ganado vacuno en residuos orgánicos e inorgánicos, por ejemplo, utilizar el estiércol del ganado vacuno en aguas contaminadas con metales pesados, pues su factibilidad económica y su gran eficacia permite la remoción de Cu (II).
- A los futuros investigadores, no dejar de investigar la remoción de Cu (II), pues su bajo costo y su gran eficacia ayuda a emplearla como solución real para la calidad del agua.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- Aguilar, M., & Flores, C. (2018). Evaluación de la cáscara de naranja como material adsorbente natural del ión metálico Cu(II). [Repositorio. Universidad Nacional de San Agustín]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7105>
- Alvarado, A. (2020). Estudio de remoción de Cu(II), Ni(II), y Pb(II) en medio acuoso mediante adsorción con una zeolita. [Repositorio. Universidad Autónoma Metropolitana de México]. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana de México. Obtenido de <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/7178>
- Anchapuri, J. (2019). Lixiviación de minerales óxidos de cobre con reactivo glicina para recuperación de cobre del yacimiento Pucará Puno. Puno: Universidad nacional del altiplano. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11600/Anchapuri\\_Calderon\\_Jos%c3%a9\\_Gilmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11600/Anchapuri_Calderon_Jos%c3%a9_Gilmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Blanco, A., Toledo, P., Garrudo, M., & Autié, M. (2016). Remoción de Cu (II) y Ni (II) con material carbonoso procedente de a semilla de la palma Veitchia Merriillii. []. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 11(2), 68-77. Obtenido de <http://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/240/176>
- Cairo, P., & Álvarez, U. (2017). Efecto del estiércol en el suelo y en el cultivo de la soya. Pastos y Forrajes, 4(1), 37-42. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269150990005.pdf>
- Cañizares, & R. (2015). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. Revista Latinoamericana de Microbiología, 1(42), 131-143. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi003f.pdf?q=metales>



- Carvajal, E., & Marulanda, L. (2020). Uso de residuos de café como biosorbente para la remoción de metales pesados en aguas residuales. *Ingenierías USBMed*, 11(1), 3-12. Obtenido de <http://www.revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/4477/3672>
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2015). Indicadores de la calidad del agua: Evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería solidaria*, 111-124. doi:doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- Cevallos, M. (2020). Comportamiento físico – químico del cobre en obras civiles. Una perspectiva desde la química analítica. *Dominio de la Ciencia*, 6(3), 257-272. Obtenido de <https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1396>
- Chavez, E. (2017). Recuperación de cobre a partir de la malaquita utilizando soluciones de tartrato mediante proceso de lixiviación, Puno 2017. Puno: Universidad nacional del altiplano. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11551/Esteban\\_Rey\\_Chavez\\_Gutierrez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11551/Esteban_Rey_Chavez_Gutierrez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cortéz, L., Francisco, J., & Sarria, M. (2017). Evaluación de la toxicidad de metales pesados en dos suelos agrícolas de Colombia mediante bioensayos. *Temas agrarios*, 22(2), 45-54. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/123456789/313>
- Duque, J., Llano, L., & Villazon, H. (2006). Estructura cristalina del cobre, propiedades microscópicas mecánicas y de procesamiento. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 16(2), 96-103. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/911/91116210.pdf>



- Feoktistova, L., & Clark, Y. (2018). El metabolismo del cobre. Sus consecuencias para la salud. *Revista de la Universidad de Guatemala*, 1(1), 1-9. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v16n4/ms13416.pdf>
- Galluzzi, M., Gracioso, L., Avanzi, I., Karolski, B., Soares, J., Oller, C., & Aquino, E. (2019). Copper biosorption by *Rhodococcus erythropolis* isolated from the Sossego Mine – PA – Brazil. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(1), 475-483. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.04.006>
- García, S., Arguello, A., & Parra, R. (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *UIDE*, 4(2), 59-71. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v4.n2.2019.909>
- Giuliano, V. (2020). Adsorción de Cu(II) y Zn(II) sobre materiales arcillosos utilizados en sistemas de contención de residuos sólidos urbanos. [Repositorio. Universidad Nacional del Comahue]. Neuquén - Argentina: Universidad Nacional del Comahue. Obtenido de <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/123456789/16209>
- Gómez, O. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista de la facultad de medicina*, 66(1), 1-3. doi:<https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>
- Guevara, A., Obando, G., & Segura, F. (2019). La gestión de la calidad del agua en el Perú. *Centro de investigación capacitación y asesoría jurídica*, 231-239. Obtenido de <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/166034/La%20ogestion%20de%20la%20calidad%20de%20aguas%20WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jing, Q., Wang, Y., Chaj, L., Tang, C., & Huang, X. (2018). Adsorption of copper ions on porous ceramsite prepared by diatomite and tungsten residue. *Transactions of*



- Nonferrous Metals Society of China, 28(5), 1053-1060. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1003632618647314>
- Kariuki, Z., Kitpoo, J., & Omyancha, D. (2017). Biosorption studies of lead and copper using rogers mushroom biomass 'Lepiota hystrix'. South African Journal of Chemical Engineering, 23(1), 62-70. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajce.2017.02.001>
- Landero, A. (5 de Setiembre de 2012). Propiedades Físicas Del Cobre. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/104954861/Propiedades-fisicas-del-Cobre>
- Liu, J., Pan, J., Ma, Y., Liu, S., Qiu, F., & Yan, Y. (2018). A versatile strategy to fabricate dual-imprinted porous adsorbent for efficient treatment co-contamination of  $\lambda$ -cyhalothrin and copper(II). Chemical Engineering Journal, 332(15), 517-527. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.09.079>
- Lizcani, R., Olivera, D., Machado, L., Rolando, E., Moreno, M. F., & Fidel, M. (2017). Muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos. SENA; SENNOVA.
- López, C., Gavidia, V., & Rueda, J. (2004). Agua. Mexico: Cide. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=p1jYCAi0QucC&oi=fnd&pg=PA17&dq=densidad+del+agua+liquida&ots=zbnNLEPu4g&sig=-7dkur\\_bE86c3iko7Eu1NAquMGw](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=p1jYCAi0QucC&oi=fnd&pg=PA17&dq=densidad+del+agua+liquida&ots=zbnNLEPu4g&sig=-7dkur_bE86c3iko7Eu1NAquMGw)
- Marín. (2003). Físicoquímica y Microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=k8blixwJzYUC&pg=PA3&dq=propiedades+fisicas+y+quimicas+del+agua&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjh\\_7qOk8P1AhVII7kGHV7MDOgQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.pe/books?id=k8blixwJzYUC&pg=PA3&dq=propiedades+fisicas+y+quimicas+del+agua&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjh_7qOk8P1AhVII7kGHV7MDOgQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q&f=true)



- Martín, V. (2015). Operaciones auxiliares de abonado y aplicación de tratamientos en cultivos agrícolas. España: Elearnig S.L. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=ZbhWDwAAQBAJ&pg=PA28&dq=defini%C3%B3n+de+estiercol&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjgydut4Ob1AhUWGbkGHXpcBYUQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q&f=true>
- Marx, E., Hart, J., & Stevens, R. G. (1999). Soil Test Interpretation Guide. OREGON STATE UNIVERSITY EXTENSION SERVICE, 1-7.
- Meza, Y., & Mallaupoma, L. (2018). Adsorción de iones Cu(II) desde soluciones acuosas utilizando nanoarcillas. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3775/Meza%20Ramos-Mallaupoma%20Mu%20c3%b1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Salud. (2011). Reglamento de la Calidad del agua para consumo humano. Lima: MINSA. Obtenido de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf)
- Morales, Y., Arturo, J., Cifuentes, J., & Murcia, N. (2017). Algoritmo matemático de la separación de un sistema binario mediante electrodiálisis. *Revista de Investigación*, 10(1), 161-172. Obtenido de <https://revistas.uamerica.edu.co/index.php/rinv/article/view/74/68>
- Moreno, J., Moral, R., García, J., Pascual, J., & Bernal, M. (2018). De residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad. Madrid: Deiciones Mundi-Prensa. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=FUhCDAAAQBAJ&pg=PA32&dq=clases+de+esti%C3%A9rcol&hl=es->



419&sa=X&ved=2ahUKEwito7vD2O31AhWgF7kGHWWHAIEQ6AF6BAgIE  
AI#v=onepage&q&f=true

Ordoño, J., & Mendoza, A. (2020). Remoción de cobre Cu (II) y arsenico As (V) de sgwas residuales de mina, por adsorción con zeolita natural en proceso batch. Puno: Universidad nacional del altiplano. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14311/Ordo%c3%b1o\\_Jo se\\_Mendoza\\_Adelaida.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14311/Ordo%c3%b1o_Jo se_Mendoza_Adelaida.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Osmanlioglu. (2018). Descontaminación de aguas residuales radiactivas por precipitación química en dos etapas. *Nuclear Engineering and Technology*, 50(1), 886-889. doi:<https://doi.org/10.1016/j.net.2018.04.009>

Pabón, S., Benítez, R., Sarria, R., & Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. *Entre ciencia e ingeniería*, 14(27), 1 - 5. doi:<https://doi.org/10.31908/19098367.0001>

Piña, J., L. G., Gutiérrez, O., Márquez, L., & Alfonso, T. (2019). Caracterización de tres bioindicadores de contaminación por metales pesados. *Revista cubana de Química*, 31(2), 1-5. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Lazaro-Adrian-Gonzalez-Fernandez/publication/334121973\\_Characterization\\_of\\_three\\_bioindicators\\_of\\_pollution\\_by\\_heavy\\_metals/links/5d18be57299bf1547c8aedff/Characterization-of-three-bioindicators-of-pollution-by-heavy-m](https://www.researchgate.net/profile/Lazaro-Adrian-Gonzalez-Fernandez/publication/334121973_Characterization_of_three_bioindicators_of_pollution_by_heavy_metals/links/5d18be57299bf1547c8aedff/Characterization-of-three-bioindicators-of-pollution-by-heavy-m)

Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2002). El agua en el medio ambiente. Mexicali, Baja California: Plaza y Valdés, S.A. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=b8l-xhcHPEYC&printsec=frontcover&dq=DBO+en+el+agua&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=DBO%20en%20el%20agua&f=true](https://books.google.com.pe/books?id=b8l-xhcHPEYC&printsec=frontcover&dq=DBO+en+el+agua&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=DBO%20en%20el%20agua&f=true)



- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*, 21(12), 3372-3385. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v21n12/san122112.pdf>
- Rojas, L., & Brenes, R. (2015). El agua: sus propiedades y su importancia biológica. *Acta académica*, 1-30. Obtenido de <http://revista.uaca.ac.cr/index.php/actas/article/view/407/421>
- Sancha, A., & Lira, L. (2002). Presencia de Cobre en Aguas de Consumo Humano: Causas, Efectos y Soluciones. *Universidad de Chile*, 1(1), 1-7. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/sancha.pdf>
- Sánchez, V., Palomino, P., Chávez, E., & Álvarez, A. (2021). Presencia de metales pesados del río Ichu en zonas adyacentes al distrito de Huancavelica, Perú. *Polo del conocimiento*, 6(5), 3-13. Obtenido de <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2627>
- Solís, C., Vélez, C., & Ramirez, J. (2017). Tecnología de membranas. *Entre ciencia e ingeniería*, 11(1), 26-36. doi:DOI: <http://dx.doi.org/10.31908/19098367.3546>
- Suni, K., & Guzmán, D. (2019). Bioadsorción de Cu(II), de aguas residuales mineras, con cochayuyo. [Repositorio. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10272>
- Taza, J., & Diaz, N. (2018). Remoción de Cu (II) de soluciones acuosas utilizando estiércol de ganado vacuno como adsorbente. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4932/Diaz%20Cordova%20-%20Taza%20Malpartida.pdf?sequence=1>



- Tejada, C., Villabona, A., & Garcés, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*, 18(34), 109-123. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v18n34/v18n34a10.pdf>
- Uchiri, M. (2018). Lixiviación de minerales oxidadas de Cu con nitrato de amonio, en yacimiento minero socsan de pucará - Puno. Puno: Universidad nacional del altiplano. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10301/Uchiri\\_Montesinos\\_Marlui\\_Eloyza.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10301/Uchiri_Montesinos_Marlui_Eloyza.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Valladares-Cisneros, M., Valerio, C., Cruz, P., & Melgoza, R. (2017). Adsorbentes no-convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31), 56-73. doi:10.22395/rium.v16n31a3
- Vries, H., Stams, A., & Plugge, C. (2020). Biodiversidad y ecología de microorganismos en sistemas de filtración por membranas de alta presión. *Water Research*, 1(1), 1-15. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0043135420300476?token=ACC49436EE30A00B3357CEE0548BCFFFD2C44438C9F6D294F4975B4E0746AC1C92C16846C0FC00D31855F1EA614E1FFA&originRegion=us-east-1&originCreation=20220203191947>
- Zhang, P., Zhang, X., Yuan, X., Xie, R., & Han, L. (2021). Characteristics, adsorption behaviors, Cu(II) adsorption mechanisms by cow manure biochar derived at various pyrolysis temperatures. *Bioresource Technology*, 331(2), 125013. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852421003527>



## ANEXOS

### Anexo A *Informes de laboratorio*

#### Anexo A.1. Informe de Ensayo LAS01-AG-AC-19-00252



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



### INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00252

Fecha de emisión : 28/06/2019

Página 1 de 3

Señores : PROYECTO MINERO JESUS 2004  
Dirección : PAMPA BALTIMORE - ANANEA - SAN ANTONIO DE PUTINA - PUNO  
Atención : PROYECTO MINERO JESUS 2004  
Proyecto : MONITOREO AMBIENTAL

#### PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : ALFREDO CONDORI MAMANI  
Registro de muestreo : 204-19  
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente  
Lugar de análisis : Parque Industrial de Rio Seco C-1 Cerro Colorado Arequipa Perú

Fecha de recepción : 22/06/2019  
Fecha de ensayo : 22/06/2019  
Nro de muestras : 2

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG19000474	MA-1	Agua Natural - Superficial - Agua de Rio	PAMPA BALTIMORE - ANANEA - SAN ANTONIO DE PUTINA - PUNO	0434432 ; 8379023	21/06/2019	14:00
AG19000475	MA-2	Agua Natural - Superficial - Agua de Rio	PAMPA BALTIMORE - ANANEA - SAN ANTONIO DE PUTINA - PUNO	0433840 ; 8379093	21/06/2019	14:10

(c) : datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por la información suministrada por el cliente.

<b>Condiciones de recepción de la muestra</b>
Cooler refrigerado, Temperatura de muestra : 3 C
<b>Observación</b>
-

*Signature*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sido Vicentio Jubiaz Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.R. 19474



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00252**

Fecha de emisión : 28/06/2019

Página 2 de 3

**RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO**

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*807		*811	*839	3050	796	800	802						
		C E	T	Turbidez	NO3-	N' NH3	As	Hg	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd
		mS/cm	°C	NTU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000474	MA-1	0,415	18,6	>450	4,2	2,21	3,764	0,03637	b<0,0024	474	0,1418	3,0656	0,012924	145	0,22224
AG19000475	MA-2	0,354	19	>450	3,2	1,99	3,303	0,28497	b<0,0024	402	0,1159	2,6003	0,011173	125	0,19041

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802													
		Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19000474	MA-1	0,413553	0,44526	1,289	>625	325	2,7203	184,4	10,804	b<0,00038	20,9	0,66892	11,81	0,5963	0,06833
AG19000475	MA-2	0,349535	0,37403	1,120	>625	285	2,3080	155,6	9,2563	b<0,00038	17,0	0,57314	10,28	0,9844	0,00441

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802								808		840
		Se	SiO2	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn	pH	T	SO4=
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Unidad de pH	°C	mg/L
AG19000474	MA-1	b<0,002	224,1	0,01365	1,657	2,4692	b<0,0013	0,62289	2,993	7,58	19,4	187,7
AG19000475	MA-2	b<0,002	246,7	0,01538	1,398	2,3710	b<0,0013	0,53451	2,554	7,57	19,5	159,0

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

*S. Neira*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Socio Vicario Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19470



Anexo A.2

Informe de Ensayo LAS014-AG-AC-19-00252



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL  
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00252

Fecha de emisión : 28/06/2019

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
*807	ASTM D 1125 - 95 Método de ensayo estándar para la conductividad eléctrica y resistividad del agua	[ - 50] mS/cm
*811	Método de ensayo para la determinación de Turbidez en agua	[* 1.2 - 10000] NTU
*839	ASTM D 3987 - 09 Método de ensayo estándar para nitrato en agua	[* 0.015 - 30] mg/L
3050	Ensayo para la determinación de Nitrógeno como Amonio en aguas por colorimetría 2016 N° 3050. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO).	[* 0.005 - 250] mg/L
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 0.0012 - 50] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 0.00041 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 2.5] mg/L
808	Determinación de pH en aguas SMEWW. 22 th Ed. 4500-H pH Part.B. Electrometric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[ - 14] Unidad de pH
848	Ensayo de Sulfatos en agua : SMEWW. 22 th Ed. 4500-SO4-2 Part. E. Turbidimetric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[* 0.6 - 4000] mg/L

\* : Límite de detección

▷ : Límite de cuantificación

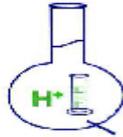
----- Fin del informe -----

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
leg. Químico C.I.P. 19474



Anexo A.3.

Informe N° 0051-21



## MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez  
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES  
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE  
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

### INFORME N° LO 0051-21 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE ESTIERCOL DE VACUNO

**SOLICITA** : Bach. Judith Veronica Palomino Muriel

**TESIS** : "Remoción de Cobre con Estiércol de Ganado Vacuno como Adsorbente en el distrito de Ananea"

**MUESTRA** : Estiércol de ganado vacuno

**DISTRITO** : Sicuani

**PROVINCIA** : Canchis

**DEPARTAMENTO**: Cusco

**FECHA** : 08/08/21

**RESULTADOS** :

DETERMINACIONES	UNIDAD	M <sub>i</sub>
MUESTRA SECA		
Densidad aparente	g/cc	0.31
Densidad real	g/cc	1.74
Porosidad	%	84.9
Materia orgánica	%	89
Nitrógeno Total	%	4.5
Amoniaco	mg/100	3
Fibra	%	32
Ceniza	%	11
pH		7.3
Humedad	%	14

**MÉTODOS DE ANÁLISIS:** El trabajo de análisis se ha realizado bajo los métodos establecidos en los Manuales de Análisis Químico-Agrícola, Nigel T. Faithfull, Institute of Rural Studies, University of Wales, UK 2005; que a su vez está basado en el Manual "The Analysis of Agricultural Materials, MAFF/ADAS.

**NOTA:** Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.



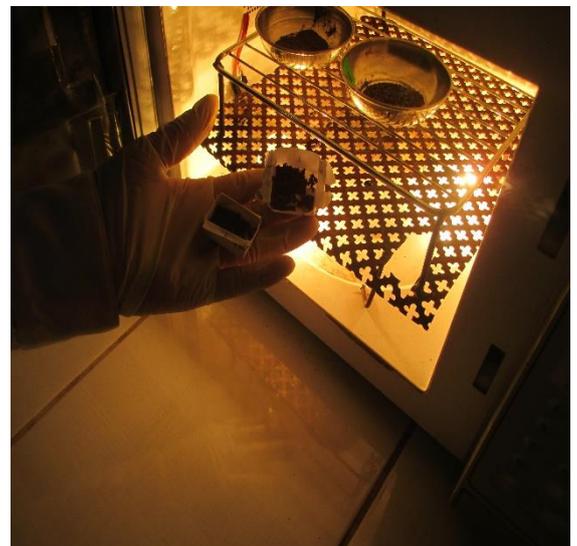
*Mario Cumpa Cayuri*  
**MARIO CUMPA CAYURI**  
INGENIERO QUÍMICO  
REG. COLEGIO DE INGENIEROS N° 18108

## Anexo B Registro Fotográfico

### Anexo B.1 *Análisis en laboratorio*



### Anexo B.2. *Determinación de humedad*



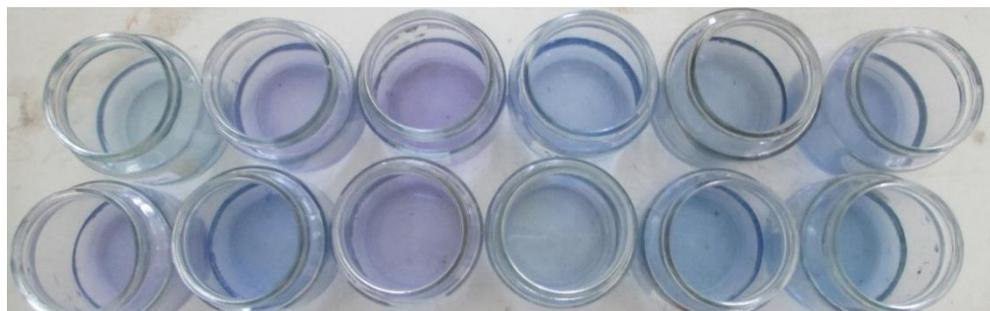
**Anexo B.2.**

*Determinación de la conductividad y el pH*



**Anexo B.3.**

*Determinación de nitrógeno total*



**Anexo B.4.**

*Determinación de fósforo (P) en estiércol*



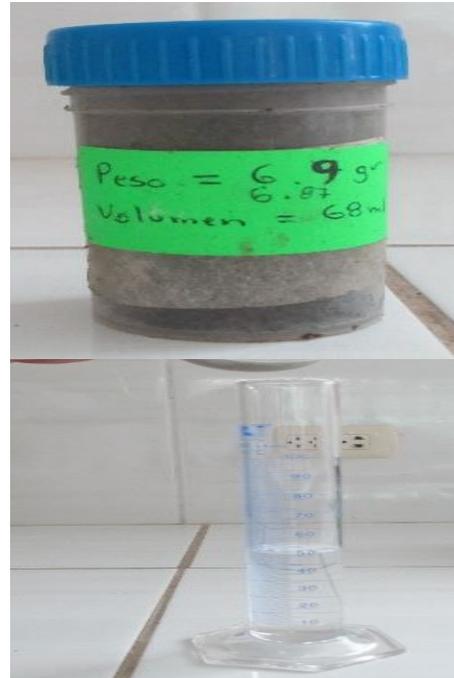
**Anexo B.5.**

*Determinación de materia orgánica*



**Anexo B.6.**

*Determinación de la densidad aparente y real del estiércol.*



**Anexo B.7.**

*Determinación de cobre con estiércol de ganado de vacuno.*





### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Judith Veronica Palomino Muriel,  
identificado con DNI 76515719 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Escuela Profesional de Ingeniería Química

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" Remoción de Cu(II) mediante adsorción en agua  
subterránea usando estiercol de ganado vacuno en el  
distrito de Ananea "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 08 de Junio del 20 23

FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Judith Verónica Palomino Muriel,  
identificado con DNI 76515718 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Escuela Profesional de Ingeniería Química,  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ Remoción de Cu(II) mediante adsorción en agua subterránea  
Usando estiércol de ganado vacuno en distrito de Ananea ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 08 de Junio del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella