



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Uso de rizofiltración mediante la *Myriophyllum aquaticum* y el método de osmosis inversa en el efluente minero de la zona de Uchumayo Arequipa, 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniera Ambiental**

**AUTORA:**

LLacza Quispe, Zarela Marjorie (ORCID: 0000-0002-2372-9270)

**ASESOR:**

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.

**LIMA – PERÚ**

**2018**

## DEDICATORIA:

Dedico esta investigación a Dios, porque gracias a sus decisiones, tuve la oportunidad de tener a mis padres Consuelo e Isidro que me dieron su apoyo, comprensión y cariño en el transcurso de mi vida.

A mi mamá y papá que me apoyaron en las decisiones tomadas y aconsejándome para lograrlas.

A mi madre que gracias a su dedicación a sus hijos podemos lograr superar los impedimentos de la vida.

A mis hermanos por su apoyo, comprensión, cariño y las enseñanzas de cada día.

A mis tíos que fueron soporte en los sucesos al transcurso de mi vida.

Gracias a este suceso puedo desarrollar mi vida profesional con esfuerzo y compromiso.

#### AGRADECIMIENTO:

Agradezco a Dios ya que sin protección y enseñanza no se me haría posible culminar esta etapa de mi vida.

A los padres por su constante apoyo a lo largo de mi vida.

A mi familia ya que todo lo que realice se los dedico a ellos y son lo principal en mi vida.

Al Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo por su enseñanza y apoyo en el desarrollo de esta investigación.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Ambiental ya que sin sus consejos y sugerencias no sería posible culminar esta investigación.

A mis colegas que fueron apoyo en mi vida estudiantil universitaria.

## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**CAPÍTULO I:**

**INTRODUCCIÓN**

<b>1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	2
<b>1.2. TRABAJOS PREVIOS</b> .....	4
<b>1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA</b> .....	9
1.3.1. Biorremediación.....	9
1.3.2. Fitorremediación .....	9
1.3.3. Rizofiltración .....	10
1.3.4. Metabolismo de <i>Myriophyllum aquaticum</i> .....	10
1.3.5. Cultivos hidropónicos .....	11
1.3.6. Osmosis inversa .....	12
1.3.7. Mineral.....	12
1.3.8. Metales pesados .....	13
1.3.9. Cobre (Cu).....	14
1.3.10. Fuentes de contaminación de Cobre .....	14
1.3.11. Efluentes mineros .....	14
1.3.12. pH .....	15
1.3.13. Temperatura .....	15
1.3.14. Turbidez.....	15
1.3.15. Conductividad eléctrica .....	16
1.3.16. Base Legal .....	16
<b>1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	19
1.4.1. Problema General.....	19
1.4.2. Problemas Específicos .....	19
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	19
<b>1.6. HIPÓTESIS</b> .....	20
1.6.1. Hipótesis General.....	20
1.6.2. Hipótesis Especificas .....	20

<b>1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	21
1.7.1. Objetivo General .....	21
1.7.2. Objetivo Especifico.....	21
<b>2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	22
<b>2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN</b> .....	24
2.2.1. Variable independiente .....	24
2.2.2. Variable dependiente.....	24
2.2.3. <b>Matriz Operacional</b> .....	25
<b>2.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO</b> .....	26
2.3.1. Población.....	26
2.3.2. Muestra.....	26
2.3.3. Muestreo.....	26
<b>2.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN</b> .....	28
2.4.1. Instrumentos de recolección de datos .....	31
2.4.2. Validación y confiabilidad.....	31
<b>2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS</b> .....	31
<b>2.6. ASPECTOS ÉTICOS</b> .....	32
<b>3.1. INDICADORES PARA LOS RESULTADOS</b> .....	32
3.1.1. Myriophyllum aquaticum.....	32
3.1.2. Osmosis inversa .....	32
<b>3.2. RESULTADOS INICIALES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	33
3.2.1. <b>Análisis de los parámetros iniciales en las muestras tomadas</b> .....	36
<b>3.3. RESULTADOS FINALES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	39
<b>3.4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	40
<b>4.1. EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO</b> .....	51
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIONES</b> .....	<b>53</b>
<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES</b> .....	<b>56</b>
<b>CAPÍTULO VII: REFERENCIA BIBLIOGRAFICO</b> .....	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO V: Anexo</b> .....	<b>61</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Taxonomía de <i>Myriophyllum aquaticum</i>	11
Tabla N° 2	Parámetros de agua. Categoría 3 ECA AGUA	17
Tabla N° 3	Límites Máximos Permisibles par la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-Metalúrgicas	18
Tabla N° 4	Materiales utilizados en la investigación	24
Tabla N° 5	Matriz Operacional	25
Tabla N° 6	Ubicación del primer punto de muestreo	26
Tabla N° 7	Ubicación del segundo punto de muestreo	27
Tabla N° 8	Ubicación del tercer punto de muestreo	28
Tabla N° 9	Etapas dentro de la Investigación	33
Tabla N° 10	Resultado inicial de la muestra N°1	35
Tabla N° 11	Resultado inicial de la muestra N°2	39
Tabla N° 12	Resultado final de la muestra N°1	39
Tabla N° 13	Resultado final de la muestra N°2	40
Tabla N° 14	Resultados de la concentración de Cu inicial y final. (10 días)	41
Tabla N° 15	Resultados de la concentración de Cu inicial y final. (15 días)	42
Tabla N° 16	Resultados del parámetro de pH inicial y final. (10 días)	43
Tabla N° 17	Resultado del parámetro de temperatura inicial y final. (10 días)	44
Tabla N° 18	Resultado del parámetro de turbidez, inicial y final. (10 días)	45
Tabla N° 19	Resultado inicial y final del parámetro de C.E. (10 días)	46
Tabla N° 20	Resultados de los parámetros pH. (15 días)	47
Tabla N° 21	Resultados de los parámetros temperatura. (15 días)	48
Tabla N° 22	Resultados del parámetro turbidez inicial y final. (15 días)	49
Tabla N° 23	Resultados del parámetro conductividad eléctrica inicial y final. (15 días)	50
Tabla N° 24	Eficiencia del tratamiento separado en los 2 periodos de tratamiento	52
Tabla N° 25	Estadísticos de los parámetros	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	Estructura de una planta fitorremediadora capturando el mineral	10
Figura N° 2	Diseño de osmosis y osmosis inversa	12
Figura N° 3	Proceso de la metodología desarrollada	22
Figura N° 4	<i>Myriophyllum aquaticum</i> y el estanque del prototipo con medidas.	29
Figura N° 5	Estructura para la osmosis inversa	30
Figura N° 6	Grafico del análisis inicial para la muestra N° 1.	33
Figura N° 7	Grafico del análisis inicial para la muestra N° 2	35
Figura N° 8	Grafico del análisis inicial para la concentración de cobre	36
Figura N° 9	Grafico del análisis inicial para los parámetros de pH y temperatura	37
Figura N° 10	Grafico del análisis inicial para turbiedad y conductividad eléctrica	38
Figura N° 11	Resultados iniciales y finales para la concentración de Cu (10 días)	40
Figura N° 12	Resultados iniciales y finales para la concentración de Cu (15 días)	41
Figura N° 13	Resultados iniciales y finales para el parámetro de pH (10 días).	43
Figura N° 14	Resultados iniciales y finales para el parámetro de temperatura (10 días).	44
Figura N° 15	Resultados iniciales y finales para el parámetro de Turbidez (15 días)	45
Figura N° 16	Resultados iniciales y finales para el parámetro de turbidez (10 días)	46
Figura N° 17	Resultados iniciales y finales para el parámetro CE (10 días)	47
Figura N° 18	Resultados iniciales y finales para el parámetro de pH (15 días).	49

Figura N° 19	Resultados iniciales y finales para el parámetro de pH (15 días).	49
Figura N° 20	Resultados iniciales y finales para el parámetro de conductividad eléctrica (15 días).	50
Figura N° 21	Material para el transporte de la muestra	62
Figura N° 22	Desarrollo de la parte experimental, rizofiltración	62
Figura N° 23	Desarrollo de la parte experimental, rizofiltración con un tiempo de 15 días.	63
Figura N° 24	Desarrollo de osmosis inversa	63
Figura N° 25	Análisis realizados en el laboratorio de la UCV.	65

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de reducción de la concentración de cobre, además se evaluaron los parámetros: pH, temperatura, turbidez y conductividad eléctrica, haciendo uso del laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo. En la investigación experimental se planteó un diseño adecuado para mejores resultados.

Para realizar la rizofiltración de *Myriophyllum aquaticum* la experimentación se realizó en dos muestras cada uno con un periodo de tiempo; los primero 10 días y el segundo de 15 días, dentro de un estanque acondicionado, al concluir el tratamiento se realizó la osmosis inversa teniendo como membrana semipermeable cascara de papa, colocando 3 filtros de esta membrana con una separación de 5 cm. Al concluir el tratamiento se realizó el análisis de los parámetros físico y químicos para determinar la eficiencia de la investigación realizada.

En el periodo de tratamiento de 15 días, se obtuvo los siguientes resultados en la concentración de cobre inicial fue de 75.1 mg/L, luego del tratamiento el resultado para la concentración de cobre final fue de 2.27 mg/L, teniendo como eficiencia el 97 % para este caso, en el parámetro de turbidez tuvo 68% de eficiencia en el parámetro de turbidez inicial fue de 138 NTU, mientras la turbidez final es 43 NTU.

La utilización de *Myriophyllum aquaticum* es una especie de planta rizofiltración que tiene la capacidad de retener metales pesados, estabilizador de pH y disminuye la conductividad eléctrica en el efluente en el periodo de tratamiento de 15 días. Por lo que se recomienda utilizar dos especies de plantas para mejorar en el parámetro de turbiedad.

La investigación se llevó a cabo en el distrito de Uchumayo, donde el yacimiento minero afecta en el equilibrio hídrico y disminuye la calidad del agua, por ende, afecta la salud de la población.

Palabras clave: rizofiltración, osmosis inversa, efluente y concentración de cobre.

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to evaluate the efficiency of reduction of the copper concentration, besides the parameters were evaluated: pH, temperature, turbidity and electrical conductivity, making use of the Cesar Vallejo University laboratory. In experimental research, an adequate design was proposed for the best results.

To perform the rhizofiltration of *Myriophyllum aquaticum* and the reverse osmosis method, the experiment was carried out in two periods of time; the first 10 days and the second of 15 days inside a conditioned pond, after the treatment the reverse osmosis was carried out, having as potato semipermeable membrane, placing 3 filters of this membrane with a separation of 5 cm. At the conclusion of the treatment, the physical and chemical parameters were analyzed to calculate the efficiency of the research carried out.

In the period of treatment of 15 days, the following results were obtained in the initial copper concentration was 75.1 mg / L, after the treatment the result for the final copper concentration was 3.86 mg / L, having as efficiency the 97 % for this case, in the turbidity parameter had 68% efficiency in the initial turbidity parameter was 138 NTU, while the end turbidity is 43 NTU.

The use of *Myriophyllum aquaticum* is a species of rhizofiltration plant that has the ability to retain heavy metals, stabilizes pH and decreases the electrical conductivity in the effluent in the treatment period of 15 days. So it is recommended to use two species of plants to improve the turbidity parameter.

The investigation was carried out in the district of Uchumayo, where the mining deposit affects the water balance and decreases the water quality, therefore, affects the health of the population.

Keywords: rhizofiltration, reverse osmosis, effluent and copper concentration.

# CAPÍTULO I:

## INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se evaluó como principal objetivo la reducción del nivel de concentración del cobre en el efluente minero, evaluar la eficiencia de reducción de cobre comparando las concentraciones iniciales y concentraciones finales, analizando también los parámetros de pH, temperatura, turbiedad y conductividad eléctrica.

En el departamento de Arequipa, provincia de Arequipa y distrito de Uchumayo se ubica la principal empresa extractora de mineral (Cu) donde el efluente minero contiene minerales de los cuales se adhiere en los sedimentos de los ríos y lagos, ya que no es posible descomponerse en el medio ambiente ni de manera natural. Las sustancias contaminantes se pueden adjuntar a cuerpos naturales.

Para la metodología se utilizó la técnica de la fitorremediación que se realiza específicamente en la raíz, la rizofiltración usando *Myriophyllum aquaticum* con dos periodos de tiempo los primero 10 días y el segundo de 15 días dentro del estanque, luego del tratamiento se realizó la osmosis inversa teniendo como membrana semipermeable cascara de papa.

Para determinar el tiempo de tolerancia de la planta para el nivel de pH y la continua eficiencia de la planta como fitorremediadora y captadora de cobre mediante el tejido de su raíz, se decidió que el tratamiento continúe con un plazo de 15 días, donde se observó la variación del color y forma de la planta, y el color del efluente.

## **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Siendo el agua un recurso indispensable y esencial para todo ser viviente. Los humanos absorbemos y consumimos el cobre mediante la comida, bebiendo líquidos y respirando, aunque este es un elemento esencial para el funcionamiento del organismo en los seres vivos, si un organismo logra absorber grandes cantidades de cobre se puede producir diversos problemas en la salud. La constante exposición del cobre en grandes cantidades al medio ambiente es considerada como un contaminante ya que altera su estado natural, modificando sus parámetros y disminuyendo la calidad de vida.

La presencia del cobre (Cu) en aguas naturales, es producto de las actividades mineras, agrícolas e industrias manufactureras y por el vertimiento de industrias inescrupulosas que liberan aguas residuales a los ríos en su curso natural. En el año 2010 fueron liberadas a la atmosfera 22 millones de toneladas de cobre por industrias de producción de madera, combustión de desperdicios y combustibles fósiles, mientras que 16 millones Toneladas provenientes de minería. Entonces se puede calcular que el consumo per capita de este mineral es de 2,4 kilogramos por persona. (RESUMEN DE SALUD PUBLICA DE COBRE, 2004)

Los efluentes mineros contienen minerales de los cuales se adhiere en los sedimentos de los ríos y lagos. La presencia de cobre en el medio natural altera en la dinámica fluvial en aguas arriba y aguas abajo, el incremento de partículas sólidas en suspensión, la incorporación en la carga de fondo y el aumento de la sedimentación en la zona inferior del caudal. Las sustancias contaminantes se pueden adjuntar a cuerpos naturales.

Genera problemas en la salud, cuando el ser humano está expuesto mayor a 5 días a altas concentraciones de cobre, genera daños en el riñón y el hígado en el caso de los niños, mientras que en los adultos provoca trastornos digestivos como vómitos, náuseas, diarrea y dolores estomacales. Cada año mueren 1,8 millones de infantes a causa de enfermedades como el cólera o por parásitos intestinales originados por la inaccesibilidad al agua potable y por el deficiente saneamiento. (Escasez de agua afectará a 600 millones de niños en 2040, 2017)

El Perú no se excluye de esta realidad ya que es uno de los países con mayores yacimientos mineros siendo uno de los principales productores de diversos metales

(cobre, oro y plata), esto da un incremento económico, pero a la vez incrementa la contaminación con los efluentes mineros no controlados, degradando así el medio abiótico; se conoce que nuestro país tiene el 15% de la reserva de cobre a nivel mundial y que hasta el momento solo ha explotado el 12% de este recurso. (Fuentes, 2013)

América del sur exporta alrededor del 90% de su cobre, tan solo Chile produce aproximadamente el 30%. Toda esta extracción de cobre se utiliza en la construcción 25%, transmisión de energía 65%, transporte 7%, otros 3%. (La minería de cobre y sus impactos en el Ecuador, 2013). Para la producción de tan solo una tonelada de cobre puro se llega a utilizar decenas de miles de litros de este recurso tan preciado.

En el departamento de Arequipa, provincia de Arequipa y distrito de Uchumayo se ubica una de las principales empresas extractoras del mineral en estudio, situada a 32 km al sureste de este distrito, cuenta con una superficie de 1570 km<sup>2</sup> considerada la segunda minera más grande del Perú, que aporta con el 16,49% del PBI de material extractivo en el Perú. Dentro del sistema de la empresa no se encuentran corrientes de agua, el río más cercano está a 10 km del yacimiento y es el que abastece de este recurso a la minera y al Valle de Arequipa, el río Chili, se encuentran estaciones de monitoreo de calidad de agua los cuales se observan valores que se encuentran por encima de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) agua Decreto supremo N° 004-2017 MINAM de agua y los Límites Máximo Permisibles (LMP) Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas .

Las continuas actividades de extracción de mineral en la zona de Uchumayo generan un desequilibrio hídrico en el Río Chili ya que provee a más de un millón de pobladores. La extracción a tajo abierto es la actividad con mayor impacto ambiental, ya que genera material particulado contaminado muy fino (PM 2.5) que afectan las aguas superficiales y subterráneas o freáticas. Los vertimientos de efluentes mineros sin haber recibido un tratamiento generan aún más la contaminación.

Por lo tanto, la investigación se realiza en Uchumayo desarrollando un tratamiento factible, fácil de replicar, de bajo costo y sin dejar residuos inorgánicos que se puede utilizar como compost.

## 1.2. TRABAJOS PREVIOS

Según Mendoza, Salazar y Bravo, (2016) en su tesis realizada para el título profesional de ingeniero ambiental y de recursos naturales: “*Fitorremediación acuática con Myriophyllum aquaticum para el tratamiento de efluentes generados por pasivos ambientales mineros de Hualgayoc- Cajamarca*”, de la Universidad Nacional del Callao; el objetivo de este estudio es evaluar el potencial del método de fitorremediación acuática con *Myriophyllum aquaticum* a nivel de laboratorio para tratar los efluentes generados por los pasivos ambientales mineros en Cajamarca teniendo en cuenta la adaptabilidad y tolerancia en condiciones de pH y concentraciones de metales, diseñando un sistema de flujo continuo para el efluente y determinando el porcentaje de fitoacumulación de metales pesados en *Myriophyllum aquaticum*; se realizó la prueba de jarras y un seguimiento a los parámetros de pH, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos disueltos y la turbidez; los resultados de la adaptación y tolerancia de la planta *Myriophyllum aquaticum* se encuentra en el rango de 4 a 7 pH pero se observó un mejor desarrollo en un pH de 4. La concentración de cobre en su análisis se encontró que disminuyó en un mayor a 90% mientras que en el DQO se removió en un 77.71%.

Según Rimarachin y Moreno, (2015) en su investigación: “*Tratamiento de agua de efluentes mineros- metalúrgicos utilizando métodos pasivos y activos en sistemas experimentales*” en el laboratorio de Ecología de Ciencias Biológicas en la Universidad Nacional de Trujillo, donde su objetivo es tratar los efluentes mineros aplicando los métodos activos y pasivos donde para el método pasivo se utilizó compost y humus, mientras que para el método activo se utilizó una membrana semipermeable artesanal y por siguiente la técnica de osmosis inversa, donde los metales pesados que se encontraron fueron Cu, Zn, As, Cd y Hg los cuales se analizaron con el espectrofotómetro; en el método pasivo su capacidad de retención del cobre fue superior al 88.83%, mientras que para el método activo con la membrana se retuvo al 89.55% de este metal. Como conclusión general de la investigación es que la unión del humus y compost llegan a tener una alta capacidad de remoción de metales.

Según Villanueva (2006), en su tesis para la obtención del título profesional de químico: “*Biosorción de Cobre (II) por biomasa pre tratada de cascara de citrus sinensis, Citrus limonium y Opuntia ficus*” en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en esta investigación se estudia la transformación de las biomásas como biosorbentes a través de los procesos de desmetoxilación y entrecruzamiento, la influencia del pH en la biosorción de iones de Cu a partir de soluciones diluidas: teniendo un proceso de adsorción de iones a partir de soluciones después de una agitación constante a 200rpm durante 24 horas, al terminar el estudio se concluyó que el uso de las cascara de Citrus sinensis, Citrus limonium y Opuntia ficus son biosorción por que en su composición se encuentra la pectina; se encontró también que el pH adecuado para el proceso se encuentra entre 4 a 4.5 de pH, y que el agente natural que es más eficiente en biomasa es la cascara de Citrus limonium (limón).

Según Manzano (Madrid), 2013 en su tesis doctoral: “*Selección de plantas y enmiendas para la recuperación de suelos de mina contaminados con arsénico y metales pesados*” en la Universidad Autónoma de Madrid, donde su objetivo principal es determinar una estrategia de remediación de suelos mineros contaminados con metales pesados, evaluando la capacidad de adaptación de varias especies vegetales frente a la contaminación seleccionando las especies más útiles en revegetación y en técnicas de fitoestabilización, también analizaron la lixiviación de los metales pesados de corto plazo y a largo plazo, inmovilizando los elementos contaminantes en suelos enmendados, los metales (Cu, Mn Zn y Fe) fueron analizados por un espectroscopia de Absorción Atómica, las especies vegetales seleccionadas previo un estudio de sus características morfológicas son 3: Salix atrocinerea, Cytisus scoparius y H. cannabinus la última se seleccionó por si alta producción de biomasa. Este estudio requirió de tres niveles: cultivos hidropónicos, cultivo en suelo contaminado en invierno y ensayos en campo. Se concluyó que el uso de las especies autóctonas que se encuentran en la mina Mónica de arsenopirita, fueron Salix atrocinerea, Cytisus scoparius para los metales que logran recuperar la estabilidad del suelo disminuyendo la concentración de los metales (Cu, Mn Zn y fe) y aún más eficiente en la absorción de Arsénico.

Según Alcaino Concha (Chile, 2012) en su tesis para obtener el título de ingeniero civil químico e ingeniero civil en biotecnología: “*Análisis y comparación de Tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales*” en la Universidad de Chile, teniendo como objetivo la comparación de tres tecnologías de remediación de suelos contaminados con metales: el lavado de suelos, el método de bioestabilización y la electroremediación. La tecnología que disminuyó más el nivel de cobre fue la bioestabilización con la eficiencia del 99% de la masa de Cu que se retuvo en el sistema experimental, luego estuvo el lavado de suelos con un 15% y 19%, el cual recomienda el incremento de números en las etapas de lavado del suelo y por último la electroremediación la cual solo disminuyó de un 4% y 7%.

Según Kamal, Mahmoud y Cote R, (Estados Unidos, 2014), en su estudio, “*Phytoaccumulation of heavy metals by aquatic plants*” se tuvieron que examinar tres especies de plantas acuáticas para examinar su capacidad de eliminar metales pesados del agua contaminada (*Mentha citrata*), las especies en estudio si llegaron a absorber los siguientes metales (Fe, Zn, Cu y Hg) de aguas residuales municipales. La eficiencia de remoción en la concentración fue de 99.8% de Hg, 76,7% de Fe, 41.62% de Cu y 33.9% de Zn. Para la eliminación de cobre fue constante. La cola de zorro o *Myriophyllum A.* demostró la mayor tolerancia a la toxicidad del agua contaminada.

Según Harguinteguy. Schreiber, (Argentina, 2012), en su investigación: “*Myriophyllum A. como biomonitor de entrada de metales pesados de agua relacionada con actividades agrícola en el río Xanaes (Cordoba, Argentina)*” , teniendo como objetivo evaluar la variación temporal de la concentración de metales pesados (Cu, Fe, Ni y Pb) en los sedimentos del río por la actividad agrícola y la interacción de la acumulación de metales pesados y los cambios fisiológicos de esta especie acuática, en las áreas agrícolas las variaciones de Cu y Fe fueron temporales para la columna de agua , pero los niveles de los metales en las plantas se desplazaron por el tiempo; concluyeron que el uso potencial de *Myriophyllum aquaticum* como biomonitor de acumulación durante las primeras fases tuvo mayor eficiencia para la remoción de los metales pesados por su capacidad de reproducción en la orilla de los ríos.

Según Lopez, Melaj, Tomellini, (República de Argentina, 2014), en su proyecto de investigación: *“Rizofiltración en el tratamiento de aguas contaminadas con uranio”*, donde se realizó a nivel laboratorio el método de rizofiltración para tratar aguas contaminadas con uranio natural, se observó que después de 15 días de exposición con el agua contaminada la raíz de la especie *Beta vulgaris* pudieron retener el 47% y el 70% del uranio encontrado inicialmente, esto se debe a la retención del metal pesado por la precipitación en la rizosfera o adsorción externa en las paredes celulares de la raíz. La reducción de la concentración fue también por la evapotranspiración de las plantas que facilitó su crecimiento; debido a la acumulación de uranio en las raíces, este metal se puede recuperar por ser una biomasa pequeña fácil de procesar.

Según Romero y Flores (2010) en la revista de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos titulada, *“Tratamiento de efluentes de la industria minera con dolomita”* donde clasifican que para los tratamientos metalúrgicos se utilizan métodos activos, buscan reducir la cantidad de iones de metales pesados presentes en aguas ácidas con el tratamiento de remediación utilizando dolomita tratada. Tomando como primer indicador el cobre que se encuentra en los efluentes potenciales generadores de acidez. Donde los resultados de la investigación inicial de cobre fueron de 0,561 g/l de concentración de cobre después de ser tratado con dolomita el porcentaje de reducción fue de 94,47%, ya que se encontró un valor de 0.031 g/l.

Según López Gutiérrez (2011), en la Universidad Nacional del Centro de Perú en su tesis de post grado para recibir el grado académico de maestro en seguridad y medio ambiente en minería, llevando el título de *“Tratamiento Anaeróbica de aguas ácidas de mina con travertinos y compost a escala de laboratorio”* donde el objetivo principal es la realización de un tratamiento pasivo anaeróbico en una muestra de agua ácida cuya utilización de travertinos y compost de bovino busca la descontaminación de esta, en sus análisis iniciales se encontró que el nivel de pH era de 7,54 en el cual estaban presentes los metales pesados (Fe y Cu) .

Según Yagnentkovky (2011), en su tesis doctoral de la Universidad de la Plata, titulada “*Aplicación de técnicas de biorremediación para el tratamiento de residuos industriales con alto contenido de metales pesado*”, teniendo como objetivo general el empleamiento de la bacteria *Acidithiobacillus* en el proceso de lixiviación de metales pesados y la recuperación de los metales presentes en los residuos con la biosorción utilizando algas pardas marinas. Los análisis que se tomaron el inicio de tratamiento mostraron un pH neutro o ligeramente alcalino, con la concentración de cromo (Cr) inicial fue de 445 ppm y después del tratamiento fue de 215 ppm de concentración, hubo una considerable reducción.

### **1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **1.3.1. Biorremediación**

La biorremediación es el proceso que utiliza plantas, microorganismos, hongos o enzimas utilizado con el objetivo de descontaminar mediante la degradación o alteración de moléculas orgánicas (catabolismo) y lograr retornar a las condiciones natural el elemento en el que se utiliza, en conclusión, es el aprovechamiento de algunos organismos vivos para la eliminación o neutralización de contaminantes en el agua o suelo. Para la aceleración del proceso se biorremediación se generan mezclas (plantas y bacterias) o la utilización de bacterias y hongos, por último, se modifican genéticamente las pantas para emplear en distintos casos de contaminación que sean de mayor grado.

Existen tres procesos de biorremediación los cuales son: fitorremediación, degradación enzimática y remediación microbiana.

#### **1.3.2. Fitorremediación**

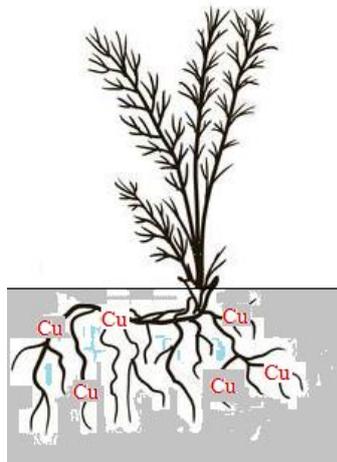
Considerada en la actualidad como una de las mejores tecnologías biológicas o ecotecnología para la descontaminación de suelos o agua, mediante el uso de plantas para la limpieza de los ambientes contaminados, esto se debe a la gran capacidad que contienen diversas especies vegetales que pueden absorber, acumular hasta llegar a tolerar grandes concentraciones de contaminantes de metales pesados, reactivos y compuestos orgánicos. El beneficio de desarrollar esta tecnología es su bajo costo y la rapidez en la que se desarrolla el proceso de degradación. La fitorremediación se realiza en ciertas partes de la planta como, la acumulación del contaminante en el tallo, hojas o raíz, absorción, precipitación y concentración de los contaminantes en la zona de los tejidos de la raíz, el desarrollo de hongo o bacterias que crecen en el tallo o raíz que degradan contaminantes, etc. (AGRICULTURERS, 2015)

### 1.3.3. Rizofiltración

Es uno de los procesos de la técnica de fitorremediación que se realiza específicamente en la raíz, la rizofiltración se define como la filtración del agua y sus contaminantes a través de las raíces de las plantas y así poder acumular particularmente metales pesados y las sustancias tóxicas o el exceso de nutrientes.

La rizofiltración se lleva a cabo con las especies vegetales que tienen la capacidad de absorber en los tejidos de sus raíces sólidos disueltos y lograr tolerar la toxicidad concentrada en el agua hasta estabilizar el pH. Es una de las técnicas que destacan ya que tratan efluentes y suelos contaminados, por la absorción superficial de las raíces es el mecanismo más rápido esto depende del proceso fisicoquímico, se puede realizar esta técnica incluso con raíces muertas. (Salt D, 1998)

**Figura 1:** Estructura de una planta fitorremediadora capturando el mineral.



**Fuente:** Elaboración propia.

### 1.3.4. Metabolismo de *Myriophyllum aquaticum*

El género de esta especie *Myriophyllum aquaticum* es una hierba acuática de color verdoso a pardo rojizo, con tallos parenquimatosos ascendentes hasta de 2 metros de largo y 3 a 5 mm de diámetro ramificados y cuenta con una raíz libre de nodos inferiores, las hojas son emergentes de glucosas. Son hierbas nativas de la cuenca del río Amazonas, por su fácil adaptación se puede encontrar en distintas áreas, ya que cuentan con un clima cálido y la altitud pertinente para su proliferación, generalmente en zonas subtropicales y trópicos. (Forzza, 2010)

Estas plantas pueden absorber rápidamente los metales pesados, si estas se encuentran en un cultivo hidropónico, pueden extraer estos compuestos en sus hojas. (Fhad, 2015)

**Tabla 1:** Taxonomía de *Myriophyllum aquaticum*.

<b>Taxonomía de <i>Myriophyllum aquaticum</i></b>	
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida Croq.</i>
<b>Orden</b>	<i>Haloragidales</i>
<b>Familia</b>	<i>Haloragidaceae</i>
<b>Genero</b>	<i>Myriophyllum L.</i>
<b>Especie</b>	<i>Myriophyllum aquaticum (Vell.)</i>

**Fuente:** Catalogo Español de Especies exóticas. España. 2013

Conocida comercialmente como “mil hojas” o en las zonas más bajas de la selva como “cola de zorro”.

Por los estudios previos se tiene conocimiento que esta especie tiene la capacidad de remover metales pesados ya que se acumulan en el tejido de sus raíces, esta planta acuática presenta una alta tolerancia de toxicidad, de esta manera se conoce su potencial fitoestabilizador de metales pesados, desarrollando la técnica de rizofiltración. (E., 1977)

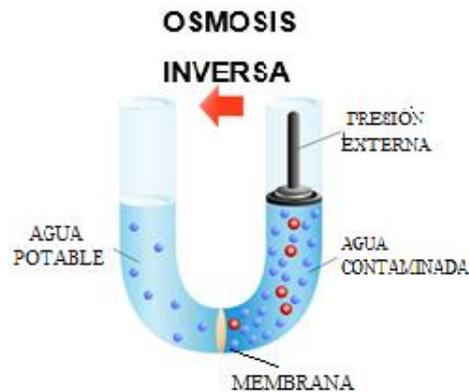
#### 1.3.5. Cultivos hidropónicos

Es un sistema mejorado de producción donde las raíces de las plantas no se encuentran en el suelo, un método donde se utiliza sustratos o solución nutritiva que cumple con los nutrientes necesarios para su crecimiento ya que tiene mejor acceso al oxígeno y otras condiciones que intervienen en un mejor crecimiento de la planta, se tienen resultados en un menor periodo de tiempo y espacio que en un suelo agrícola. Esta es una alternativa viable para el cultivo de diversas clases de verdura, hortalizas y especies variadas de plantas, cuando ocurra una época de escasez de alimentos, ya que no se utiliza fertilizante disminuyendo el costo de producción. (INTAGRI, 2017)

### 1.3.6. Osmosis inversa

La osmosis inversa es un proceso modificado donde se emplea una fuerza exterior y las membranas semipermeables o membrana selectivamente permeable solo permiten el paso de agua sin contaminantes esto se debe a la fuerza de presión generada. (D. Levitt; 1973)

La osmosis inversa se basa en las propiedades de las membranas semipermeable, donde el agua se desmineraliza ya que es conducida a una considerable presión hacia un conjunto de membranas semipermeables, donde el agua se desplaza de la zona de mayor contenido de sólidos en suspensión a la zona de menor concentración en este caso agua purificada, donde se eliminan casi en su totalidad, nitratos, virus, herbicidas, Hg, Pb, Cu, entre otros. La osmosis inversa permite filtrar por muy debajo de 0.0001 micrón. (Bhattacharya, 1992)



**Figura 2:** Diseño de osmosis y osmosis inversa.

**Fuente:** Elaboración propia.

En esta investigación se utilizó como membrana semipermeable un activo natural, como es la cascara de papa, funciona gracias al principio básico de la química: los opuestos se atraen, la gran cantidad de moléculas negativas que se encuentran en la cascara de papa y las moléculas cargadas positivamente de los metales.

### 1.3.7. Mineral

Los minerales se forman de manera natural en la superficie o en las diversas capas de la corteza terrestre, formadas a partir de los elementos inorgánicos y químicos los cuales originaron el planeta, el cual define su estructura interna ordenada de manera natural, donde sus átomos cumplan con un modelo específico, la composición química definida y varía dentro un límite, los cuales determinan sus propiedades físicas,

entonces los minerales son una sustancia inorgánica y sólida. Los minerales según la composición química se dividen en clases, óxidos, sulfuros, silicatos, etc. (Ministerio de Minería, 2018)

Un mineral básico o nativo es el sólido que contiene una composición química posee el mismo grupo catión dominante dentro de su estructura, como el cobre, plomo, zinc, etc.

### Óxidos

Los minerales que se encuentran en esta clase es el resultado de la combinación del oxígeno y un compuesto natural o un elemento nativo. El resultado de esta combinación es el grupo de minerales relativamente duros y densos, presentes generalmente en las rocas ígneas.

#### 1.3.8. Metales pesados

El origen de los metales pesados puede ser por medio natural, ya que su presencia se debe a que se han acumulado durante la etapa de formación de las capas terrestres, convivimos día a día con la presencia de los metales pesados ya que se encuentran en la plomería, minería, pintura, baterías y cosas muy comunes.

Al escuchar el termino metales pesados, los definimos como aquellos metales el cual su peso supera los 5g/cm<sup>3</sup> o que su densidad es alta, toxica o venenosa hasta en concentraciones pequeñas, entre los metales más conocidos se encuentran el fierro (Fe), el Zinc (Zn), el cobre (Cu), el cadmio (Cd), el mercurio (Hg), el plomo (Pb), etc. Incluso en mínimas concentraciones pueden llegar a ser nocivos para flora y fauna.

Los metales pesados en el ambiente son tóxicos muy peligrosos ya que se caracterizan por: bioacumulación, persistencia, biotransformación y elevada toxicidad, lo cual se mantienen por largos periodos en el ecosistema y su degradación natural es muy difícil, por eso se buscan métodos o técnicas de tratamiento que aceleren su proceso de degradación. (Le Proux, 2002)

### 1.3.9. Cobre (Cu)

El cobre simbolizado con Cu, es un mineral natural de las rocas de color rojizo, su presencia en la corteza terrestre es de 50 ppm de cobre de suelo. La generación de cobre también es de manera natural en todas las plantas y animales. (Gardey, 2018)

Entre las aplicaciones de cobre están, la industria eléctrica, en el parque automotor, conservación de madera, se utiliza como algicida o microbicida (sulfato de cobre) para la acuicultura.

El cobre afecta a la salud humanada por una exposición de largo periodo ya que puede irritar la nariz, la boca y los ojos, causar dolor de cabeza, estomago, mareos, etc. Con una gran cantidad de cobre en nuestra sangre provoca daños al hígado y los riñones, hasta puede provocar la muerte ya que hasta un periodo de exposición es cancerígeno. (Occupational poisoning due to heavy metals , 2017)

### 1.3.10. Fuentes de contaminación de Cobre

La presencia de cobre en el medio ambiente se debe a liberación de este metal pesado en su etapa de operación dentro de las minas de cobre, y desde industrias que manipulan usando el cobre metálico o compuestos de cobre. Las liberaciones secundarias de este metal se dan desde basurales, las aguas residuales domésticas, producción de madera, abonos de fosfatos, fuentes naturales (la formación de las capas de suelo, erupción de volcanes, vegetación en descomposición, incendios forestales, etc.), combustión de desperdicios y combustibles fósiles. (RESUMEN DE SALUD PUBLICA DE COBRE, 2004)

El cobre que está presente en el agua se adhiere en los sedimentos de los ríos y lagos. La presencia de cobre en el medio natural, altera en la dinámica fluvial en aguas arriba y aguas abajo, el incremento de partículas sólidas en suspensión, la incorporación en la carga de fondo y el aumento de la sedimentación en la zona inferior del caudal.

### 1.3.11. Efluentes mineros

Los efluentes son residuos liquido o líquidos combinados sólidos en los procesos físicos, químicos, mecánicos y electrónicos en la operación. Los efluentes deben ser sometidos a un previo tratamiento para que así se elimine su toxicidad, un pH (acido),

sólidos en suspensión y la presencia de metales pesados. Evitando daños permanentes en el ecosistema y la comunidad.

Dentro de las minas la utilización de agua es indispensable en cada etapa o proceso, se caracterizan por ser líquidos con cargas de contaminantes sólidos, minerales disueltos y sólidos en suspensión ya que alteran sus características físicas, químicas y biológicas, estos efluentes sobre pasan los estándares de calidad para agua, N° 004-2017 MINAM. (Ministerio del Medio Ambiente, 2008)

#### 1.3.12. pH

Es la unidad de medida de alcalinidad o acidez de la concentración de iones de hidrógeno de la muestra a analizar, se conoce la escala de alcalinos y básicos que va de 0 a 14, donde la escala intermedia 7 es un valor neutro, las soluciones que se encuentren por debajo de 7 se consideran ácidas, mientras las que están sobre el valor neutro son consideradas básicas o alcalinas es decir contienen menor concentración de iones de hidrógeno en la muestra. (Pringles, 2014)

EL peachimetro es un instrumento con el que se mide este parámetro, dentro del laboratorio es de uso manual donde el voltímetro será sumergido en la muestra a analizar generando una corriente eléctrica, el medidor de voltaje convierte el valor de pH y se observa el resultado en la pantalla digital.

#### 1.3.13. Temperatura

Es el nivel o grado térmico de un objeto o del ambiente, este se mide con el termómetro donde el objetivo es determinar la temperatura exacta o variación de la sustancia a analizar, no solo en uso de laboratorio actualmente se encuentran en los hogares. La evolución de este instrumento se ha modificado hasta convertirlo en un termómetro eléctrico digital. La escala de medición que se utilizará en este proyecto será de 0°C a 100°C.

#### 1.3.14. Turbidez

La turbidez se debe a la dificultad para transmitir la luz debido a la gran cantidad de materias en suspensión (tierra, materia orgánica y microorganismos), son difíciles de decantar y filtrar, la turbidez aumenta porque disminuyen los niveles de Oxígeno

Disueltos esto evita que las plantas acuáticas obtén la luz necesaria para la fotosíntesis. Las partículas que se encuentran suspendidas en el agua pueden absorber más la luz del sol, generando calor y volviendo las aguas mucho más calientes, reduciendo así aún más el Oxígeno Disuelto.

La turbidez se mide en Unidades Nefelométrías de Turbidez (NTU) por sus siglas en inglés. Se utiliza el nefelómetro o turbidímetro como instrumento para su medición. (Gonzales, 2011)

#### 1.3.15. Conductividad eléctrica

La variación de conductividad eléctrica se determina por el parámetro que mide la concentración de iones y actividad de una solución, si la sustancia líquida o acuosa contiene mayor concentración de sal (más iones), mayor será su conductividad, esto se calcula con la ley de Ohm.

La unidad de conductividad eléctrica es  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el resultado de conductividad dependerá de la composición de la estructura atómica y molecular del material. (Rivera, 2016)

#### 1.3.16. Base Legal

##### a. Constitución Política del Perú (1993)

En el Perú se protege la vida humana, flora y fauna, siendo su principal objetivo proteger el medio ambiente, recursos naturales y el entorno esencial de la vida que son vitales para todos los habitantes de la República del Perú.

Artículo 2-22: todo ciudadano peruano tiene derecho a vivir en paz, tranquilidad, así como a gozar de un ambiente equilibrado y en las mejores condiciones para el correcto desarrollo de la vida.

Artículo 67: el estado determina la política nacional del ambiente, fomenta el uso sostenible de los recursos naturales.

Artículo 68: el estado exige a fomentar la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

b. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)

Decreta los principios y normas generales para asegurar el derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de vida, con un objetivo de mejora de calidad de vida en la población y un desarrollo sostenible en el país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente.

c. Ley de recursos Hídricos (Ley N° 29338)

La Autoridad Nacional del Agua junto con el Ministerio de Agricultura, el recurso hídrico es de valor sociocultural, económico y ambiental, por eso que se busca una gestión homogénea entre estos, ya que pertenecen a los ecosistemas y al ciclo hídrico. Esta ley se establece para las necesidades primarias de la población ya que es un derecho fundamental, inclusive en épocas de escasez.

d. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM)

Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para uso agrícola, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

**Tabla 2:** Parámetros de agua. Categoría 3 ECA AGUA

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	RIEGO DE VEGETALES
pH	Unidad de pH	6,5 – 8.5
Turbidez	UNT	100
Cobre	mg/L	0.5

**Fuente:** MINAM, 2017.

e. Límites Máximos Permisibles par la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-Metalúrgicas. Ley N° 28611

Mediante la ley se determina la revisión de los parámetros de cada contaminante ambiental, con el objetivo de no incrementar la contaminación, en los parámetros de biotoxicidad por las descargas realizadas en el ambiente y mantener en las condiciones iniciales, ya que afectan los ecosistemas y la salud del ser humano. Como conclusión de la creación de los LMP se desarrolló para que cumplan con los parámetros establecidos para una mejor protección ambiental.

**Tabla 3:** Límites Máximos Permisibles par la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-Metalúrgicas

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	Limite en cualquier momento
Cobre Total	mg/L	0.5

**Fuente:** MINAM, 2010.

#### NORMATIVA INTERNACIONAL

- ❖ Según la FAO: el pH debe de encontrarse en un rango normal para aguas con fines de riego entre 6,5 a 8,4.
- ❖ Según la OMS: la turbidez del agua para consumo humano debe estar por debajo de 100 NTU y en el pH es recomendable 6,5 y 9.5, en el caso de cobre tiene como límite tiene los 2 mg/L.
- ❖ Según la norma brasileña, para aguas dulces sus concentraciones son de 6 – 9 pH y la turbidez es de 40 UNT.

Según la norma de Honduras, el pH oscila entre 5.5 – 9.5 y para la turbidez de clase IIIA: 15 UNT.

## **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### 1.4.1. Problema General

¿El uso de la rizofiltración con *Myriophyllum aquaticum* y la Osmosis inversa reducirán los contaminantes en el efluente minero en la zona de Uchumayo?

### 1.4.2. Problemas Específicos

¿Cuál será la variación en las características físico-químicas del efluente minero, después de ser tratados con rizofiltración usando *Myriophyllum aquaticum* y osmosis inversa?

¿Cuál será la eficiencia en reducción de la concentración de cobre en los resultados iniciales y finales en el efluente minero, utilizando la rizofiltración con *Myriophyllum aquaticum* y osmosis inversa?

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La escasez de agua potable en la actualidad es la más alta preocupación en el ámbito internacional, ya que no solo afecta a la población humana, sino también a flora y fauna. Tratar el efluente minero requieren costos altos y la utilización de nuevas tecnologías sostenibles para las variables económicas, sociales, culturales y ambientales.

En la presente investigación se realizó el tratamiento al principal recurso del ser humano, para ello se propone una metodología para dar solución a la contaminación de agua con concentraciones de cobre, con un tratamiento que depurará el efluente minero con la mayor eficiencia, utilizando *Myriophyllum aquaticum* en la técnica de rizofiltración y el método osmosis inversa, como objetivo de reducción en su concentración de cobre en el efluente minero.

En la experimentación se enfocará en la utilización de *Myriophyllum aquaticum* en la técnica de rizofiltración y el método osmosis inversa como fitorremediadores y estabilizadores naturales en el tratamiento del efluente minero para mejorar la calidad de vida de esta zona de Uchumayo ya que permitiría directamente la disminución de enfermedades emitidas por el consumo y riego de esto efluentes

Al utilizar un agente biológico como fitorremediador se destaca su bajo coste de adquisición en este tratamiento y su compatibilidad que tiene sus residuos con la naturaleza evitando así mayores gastos antes, durante y después de la utilización de esta especie de planta en este proceso, mientras que los productos químicos como el sulfato de aluminio generan un gasto mayor y residuos inorgánicos.

Para los resultados del proyecto de investigación se utilizará la técnica de rizofiltración como tratamiento una alternativa innovadora y amigable con el medio ambiente, ya que cumple con los principios químico y físico y el método activo para la remoción de la concentración de cobre (metal pesado) y la recuperación de materia (fangos naturales) contenidos en las soluciones del efluente minero.

## **1.6. HIPÓTESIS**

### 1.6.1. Hipótesis General

La rizofiltración con *Myriophyllum aquaticum* y la Osmosis inversa reduce la concentración de contaminantes en el efluente minero en la zona de Uchumayo.

### 1.6.2. Hipótesis Específicas

Las características físicas y químicas se establecen dentro de las normas ambientales, mejorando el efluente minero luego del uso de rizofiltración de *Myriophyllum Aquaticum* y la osmosis inversa en la zona de Uchumayo.

Se reduce la concentración inicial del metal pesado en el efluente minero luego del uso de rizofiltración *Myriophyllum aquaticum* y la osmosis inversa en la zona de Uchumayo.

## **1.7. OBJETIVOS**

### 1.7.1. Objetivo General

Determinar el nivel de reducción de concentración de cobre en el efluente minero mediante la Rizofiltración con *Myriophyllum aquaticum* y la Osmosis inversa, a nivel laboratorio, en la zona de Uchumayo, Arequipa.

### 1.7.2. Objetivo Especifico

Determinar la variación de las características físico-químicas del efluente minero luego del uso de rizofiltración con *Myriophyllum aquaticum* y la osmosis inversa.

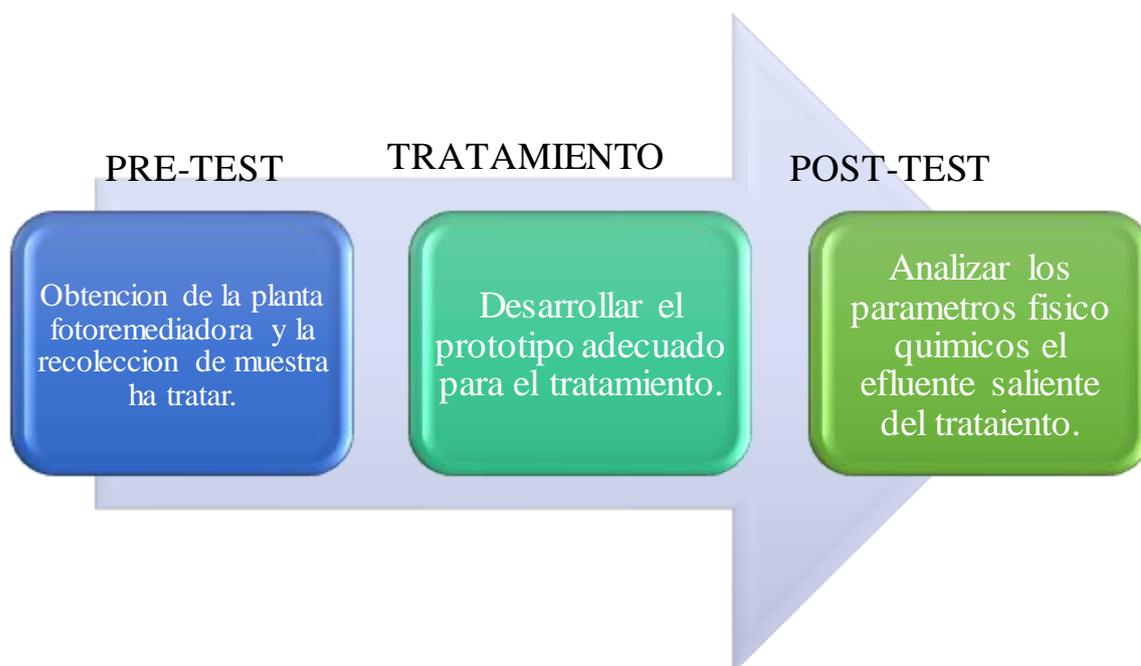
Determinar la eficiencia de reducción de la concentración inicial del cobre y la concentración final de cobre en el efluente minero, luego del uso de rizofiltración con *Myriophyllum aquaticum* y la osmosis inversa.

## CAPÍTULO II: MÉTODO

### 2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El siguiente estudio es de tipo, aplicado o empírico ya que se deseó resolver un problema de la realidad, donde se argumenta el por qué y para que debemos tener la solución, llevando a cabo las teorías generales (Sampieri). Teniendo como propuesta de tratamiento la utilización de dos procesos, el primero es una técnica natural llamada rizofiltración que remueve los metales pesados gracias a la acumulación en el tejido de sus raíces y la utilización del método de osmosis inversa para perfeccionar el tratamiento, estableciendo los parámetros físico químicos en el agua.

Según RABOLINI, N. (2009) es de enfoque cuantitativo ya que se realizaron pruebas donde se obtuvieron datos numéricos los cuales se pueden medir niveles de contaminación de cobre en los relaves mineros, obteniendo los parámetros a estudiar como turbidez y pH comparando con los niveles establecidos de las ECA.



**Figura 3:** Proceso de la metodología desarrollada.

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Paso 1: Selección del Metal pesado.

En la investigación experimental se realizó un tratamiento para la reducción del cobre, ya que la minera señalada tiene como principal mineral de extracción conlleva a una alta concentración de este metal en el efluente minero. En el desarrollo de esta investigación se opta por evaluar la eficiencia de la rizofiltración de *Myriophyllum aquaticum* y osmosis inversa, ya que en estudios anteriores señalan que la planta es un factor de bioacumulación para este metal.

Paso 2: Selección de la planta para la rizofiltración

Se determinó el uso del *Myriophyllum aquaticum*, por ser una planta no nativa invasora y se adapta a las variaciones de algunos parámetros, en la investigación realizada en el año 2004 por Kamal, demuestra que esta especie acuática tiene la capacidad de acumulación para metales como (Zn, Cu, Fe, etc.) tomando esta referencia se seleccionó *Myriophyllum aquaticum*.

Paso 3: Reproducción hidropónica del *Myriophyllum aquaticum*

Se trasladó la planta *Myriophyllum aquaticum* a un tanque acondicionados para su presencia, la cual se añadió una solución nutritiva de electrolitos para cultivar esta planta. En la fase de reproducción fue de 1 mes exitoso el cual se agregó los electrolitos 3 veces por semana, teniendo en cuenta las condiciones naturales a las que se reproduce (exposición a la luz) en el periodo de esta fase.

Se añadió pequeñas concentraciones de calcio (Ca), potasio (K) y magnesio (Mg).

Paso 4: Procedimiento de adaptabilidad de la planta *Myriophyllum aquaticum* en el efluente minero.

Con el propósito de tener un adecuado tratamiento del efluente minero de Uchumayo, se realizaron 2 experiencias para determinar la tolerancia adecuada de *Myriophyllum aquaticum* en los parámetros fisicoquímicos del efluente minero.

Paso 5: Diseño del prototipo para el tratamiento de rizofiltración y osmosis inversa

Materiales y equipos designados para la estructura del proceso de tratamiento.

**Tabla 4:** Materiales utilizados en la investigación.

<b>MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>Botellas ámbar 2.5 L</b>	4 Unidades
<b>Vidrio templado</b>	5 Unidades
<b>Tubo de PVC</b>	3 Unidades
<b>Gasa</b>	3 Unidades
<b>Papel filtro 2mm</b>	1 Unidad
<b>Papa</b>	3 Unidades
<b>MATERIALES DE PROTECCION</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>Guantes</b>	2 Unidades
<b>Mascarilla</b>	1 Unidad
<b>Guardapolvo</b>	1 Unidad
<b>Lentes</b>	1 Unidad
<b>INSUMOS QUIMICOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>Electrolitos</b>	1 Frasco

**Fuente:** Elaboración Propia.

## 2.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

### 2.2.1. Variable independiente

Rizofiltración (*Myriophyllum aquaticum*) y la Osmosis inversa

### 2.2.2. Variable dependiente

La remoción de contaminantes en el efluente minero en la zona de Uchumayo – Arequipa.

### 2.2.3. Matriz Operacional

**Tabla 5:** Matriz Operacional.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<u>INDEPENDIENTE</u> Uso de rizofiltración con <i>Myriophyllum aquaticum</i> y método de osmosis inversa	La aplicación de una tecnología sustentable que emplea una especie de planta para absorber el cobre como metal pesado y el método de osmosis, a partir de procesos bioquímicos.	Se evaluó la reducción en la concentración de cobre y la variación de las características físico químicas.	Condiciones fisicoquímicas de <i>Myriophyllum aquaticum</i>	Número de plantas utilizadas	unidad
				Capacidad de adaptabilidad	unidad
				Edad de planta	meses
			Membrana para osmosis inversa	Dimensión de membrana	cm
<u>DEPENDIENTE</u> La reducción de la concentración de cobre en el efluente minero en la zona de Uchumayo – Arequipa	El cobre que está presente en el agua se adhiere en los sedimentos de los ríos y lagos. La presencia de cobre en el medio natural, altera en la dinámica fluvial.	Se tomó las muestras del efluente minero, para realizar análisis físico y químico.	Eficiencia del método	Concentración inicial de cobre	Ci
				Concentración final de cobre	Cf
				Eficiencia de remoción	%
			Características físico- químicas	pH	unidades pH
				Temperatura	°C
				Turbiedad	NTU
Conductividad Eléctrica	μS/cm				

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

## 2.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

### 2.3.1. Población

La población de la investigación fueron el efluente minero generados en los procesos de la industria minera de cobre, el cual contiene grandes concentraciones de cobre ya que es su principal extracción.

### 2.3.2. Muestra

La cantidad de la muestra fueron 18 litros del efluente minero generados en los procesos de la industria minera de cobre, para posteriormente ser analizado en el laboratorio.

### 2.3.3. Muestreo

Se utilizará un tipo de muestreo aleatorio simple, ya que todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser seleccionado como muestra, sean escogidas de acuerdo al alcance del investigador. (Carlos, 2015)

El muestreo se realizó en 2 puntos de muestreo estratégicos

#### **Punto de muestreo N°1**

El primer punto de muestreo del efluente, se ubicó en medio de la desembocadura a 30 cm aproximados previos de que el efluente llegue a tierra. En el cual se realizaron 2 repeticiones con minutos de posterioridad.

**Tabla 6:** Ubicación del primer punto de muestreo.

REPETICIÓN N° 1	REPETICIÓN N°2
11:37 am	11:40 am

COORDENADAS UTM	
X	Y
224673.62 m E	8165498.49 m S

**Fuente:** Elaboración Propia.

## Punto de muestreo N°2

En el segundo punto de muestreo del efluente, se ubicó en medio de la desembocadura a 30 cm aproximados del efluente en tierra. En el cual se realizaron 2 repeticiones con minutos de posterioridad.

**Tabla 7:** Ubicación del segundo punto de muestreo.

REPETICIÓN N° 1	REPETICIÓN N°2
11:45 am	11:49 am

COORDENADAS UTM	
X	Y
224674.69 m E	8165497.11 m S

**Fuente:** Elaboración Propia.

## 2.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

**Tabla 8:** Etapas dentro de la Investigación.

ETAPA	FUENTES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Análisis del área, ubicación del punto y recolección de muestra	Efluente minero en la zona de Arequipa	Observación	Ficha de registro de datos de campo	Ubicación estratégica del punto de muestreo
Análisis inicial de la muestra	Laboratorio	Observación	Análisis de laboratorio pre tratamiento	Resultados de los análisis iniciales en los parámetros físicos y químicos
Tratamiento de agua mediante <i>Myriophyllum aquaticum</i> y el método de osmosis inversa, a nivel laboratorio	Prototipo	Observación	Análisis de laboratorio	Determinar la reducción de la concentración de cobre presente en el efluente minero
Análisis final del tratamiento	Laboratorio	Observación	Análisis de laboratorio post tratamiento	Resultados de los análisis finales en los parámetros físicos y químicos
Comparación de resultados obtenidos	Resultados de laboratorio	Análisis descriptivo	La aplicación del software SPSS, T student y prueba de ANOVA.	Resultados de análisis.

**Fuente:** Elaboración Propia.

a) Análisis del área, ubicación del punto y recolección de muestra

En la primera etapa se realizará la identificación del punto de muestreo, el cual se determinó estratégicamente en el término de la desembocadura en el centro de la corriente a una profundidad media, del escurrimiento. El recipiente muestreador se colocó en dirección opuesta a la corriente.

Se colocó la rotulación a los embaces que contenían las muestras para prevenir alguna confusión o error de muestreo. Se repitió 4 veces este procedimiento.

Se extrajo al azar una muestra de 18L de efluente minero en botellas.

b) Análisis inicial de la muestra

En el momento de la extracción del efluente se tomó el análisis de pH y temperatura con el papel tornasol y termómetro respectivamente. Posteriormente se preservará la muestra para su traslado al laboratorio. Es en ese entonces donde se tomarán los análisis iniciales de los parámetros físicos y químicos.

c) Tratamiento de agua mediante *Myriophyllum aquaticum* a nivel laboratorio

En la tercera etapa se han acondicionado un recipiente rectangular a base de vidrio crudo con una medida de 30x20x15 cm, en el cual se agregará 5L de efluente, con la técnica de flujo estable. Tendrá un periodo de 10 días en el primer recipiente para el tratamiento de rizofiltración.

**Figura 4:** *Myriophyllum aquaticum* y el estanque del prototipo con medidas.



**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

d) Tratamiento de agua mediante el método de osmosis inversa, a nivel laboratorio. Para la segunda parte del proceso, se utilizará la técnica de osmosis inversa con una membrana semipermeable artesanal la cual se acondiciono en un tubo de PBC con un diámetro de 1.5 pulgadas, con un flujo constante con 3 divisiones las cuales tendrán:

1. El primer filtro está compuesto por una malla metálica para sostener la cascara de papa.
2. El segundo filtro contiene gaza y cascara de papa.
3. En el último filtro coloque gaza, cascara de papa y un papel filtro.



**Figura 5:** Estructura para la osmosis inversa.



**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

e) Análisis final del tratamiento

Como última etapa experimental se analizó la muestra en los parámetros químicos y físicos en el laboratorio. Y posteriormente se analizaron los resultados obtenidos en la investigación.

f) Comparación de resultados obtenidos

Al concluir con la rizofiltración mediante la *Myriophyllum aquaticum* y el método de Osmosis Inversa en el efluente minero se comparó los resultados de concentración de cobre, y parámetros físicos y químicos de la etapa inicial y la etapa final.

Los métodos que se realizaron en esta investigación serán análisis estadístico deductivo. Utilizando un estadístico de parámetros con el coeficiente de variación (C.V) y gráficos comparativos de los resultados en cada análisis.

#### 2.4.1. Instrumentos de recolección de datos

Se definirá la utilización de los 4 instrumentos de recopilación de datos, en los que consta el lugar, las coordenadas, la persona encarga, fecha y hora en la que se realizó.

INS 01: Instrumento para la toma de muestras

Esta ficha nos ayudó a la recolección de datos para los parámetros físico químicos en el momento de la recolección, pos prueba y para hallar la eficiencia del tratamiento, en las 2 repeticiones que se realizaran.

INS02: Instrumento para la identificación del diseño

Este instrumento me ayudo para diseñar las medidas y dimensiones en las que se planteó el prototipo para el tratamiento.

INS 03: Instrumento para análisis pos prueba

En este instrumento se describirá el desarrollo del proyecto en las semanas que se desarrollaron, durante la aplicación del tratamiento.

INS04: Rotulación de las muestras de efluente.

Este instrumento se utilizó para tener la adecuada identificación de la muestra tomada.

#### 2.4.2. Validación y confiabilidad

Se aplicará la técnica de recolección de datos directa y las muestras se recopilarán en campo bajo técnica de observación, manual de monitoreo registro de parámetros físicos y químicos, ficha de resumen de resultados y comparación con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM) y Límites Máximos Permisibles (Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM).

### **2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

Se utilizó el método estadístico cuantitativa, ya que es la herramienta de uso y análisis de la toma de muestras representativas de datos, ya que de forma aleatoria permite el desarrollo d la investigación científica. La estadística inferencial para observar el contraste de hipótesis.

## 2.6. ASPECTOS ÉTICOS

Al término de esta investigación se muestran los resultados con datos verídicos, en el cual se corrobora la metodología, el procedimiento planteado en el informe y los resultados antes y después de realizar el tratamiento.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. INDICADORES PARA LOS RESULTADOS

#### 3.1.1. *Myriophyllum aquaticum*

- Edad y tiempo de la planta para el tratamiento

Para lograr a la eficiencia de los resultados se analizó con una planta de 2 semanas de haber germinado, en su etapa adulta y etapa de reproducción para mejores resultados.

- Cantidad de plantas

Por ser un organismo vivo y estar en tratamiento, en el momento de tomar tiempo al análisis se contabilizaron 15 plantas (en estado adulto), al transcurrir los 5 días se contabilizaron 18 plantas de menor tamaño de esta misma especie.

#### 3.1.2. Osmosis inversa

- Dimensión de la membrana

Para el tratamiento la dimensión de la membrana semipermeable compuesta de papa, se colocó 2 cm de este compuesto en cada división de la estructura diseñada para la osmosis inversa.

En adelante se designó el termino para los puntos de muestreo (A y B) y sus dos repeticiones (1 y 2), respectivamente.

El primer punto de muestreo en su primera repetición. (A-1)

En el primer punto de muestreo en su segunda repetición. (A-2)

El segundo punto de muestreo en su primera repetición. (B-1)

En el segundo punto de muestreo en su segunda repetición. (B-2)

### 3.2. RESULTADOS INICIALES DE LA INVESTIGACIÓN

Se colocaron los resultados dados por el laboratorio de la muestra inicial de efluente minero fueron, para el primer punto de muestreo q se ubicó en la desembocadura del efluente, se analizaron parámetros físicos y químicos, en dos repeticiones.

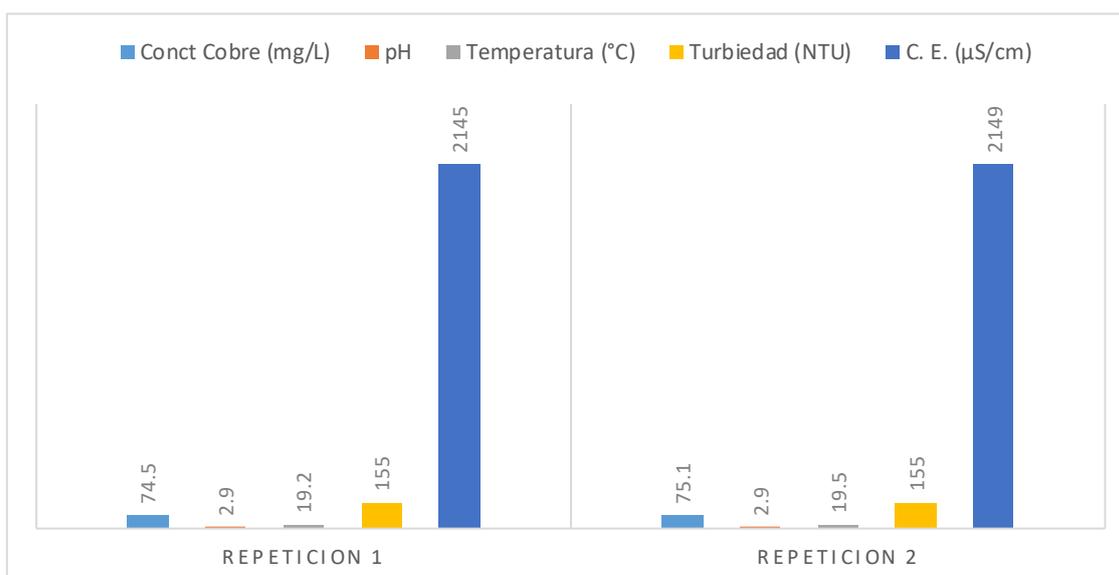
**Tabla 9:** Resultado inicial de la muestra N°1

		21/09/2018	
		11:37 AM	11:40 AM
ANÁLISIS DE CAMPO		REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO	RESULTADO
Concentración de cobre	mg/L	74.50	75.10
pH	Und pH	2.90	2.90
Temperatura	°C	19.2	19.5
Turbiedad	NTU	155	155
Conductividad eléctrica	μS/cm	2145	2149

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la Tabla N° 9 que se muestra los resultados para el análisis inicial del primer punto de muestreo y las repeticiones designadas, con la fecha y hora en que se realizó el muestreo, también encontraremos los resultados en la concentración del cobre y los parámetros físicos (temperatura y turbiedad) y los parámetros químicos (pH y conductividad eléctrica).

**Figura 6:** Grafico del análisis inicial para la muestra N° 1.



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la siguiente Figura N° 6, se muestra mediante un gráfico de barras los resultados del análisis mostrado en la Tabla N° 9 en el primer punto de muestreo con sus dos repeticiones, se observa la concentración de cobre y los resultados en los parámetros físicos y químicos en la etapa inicial de la investigación, que se realizaron en cuenta para esta investigación, como conclusión general se determina que todos los parámetros sobre pasan el ECA agua D.S. N° 004-2017- MINAM.

Para el segundo punto de muestreo q se ubicó en la desembocadura del efluente se ubicó en medio de la desembocadura a 30 cm aproximados del efluente en tierra. En el cual se realizaron 2 repeticiones con minutos de posterioridad, donde se analizaron parámetros físicos y químicos, en los casos dados.

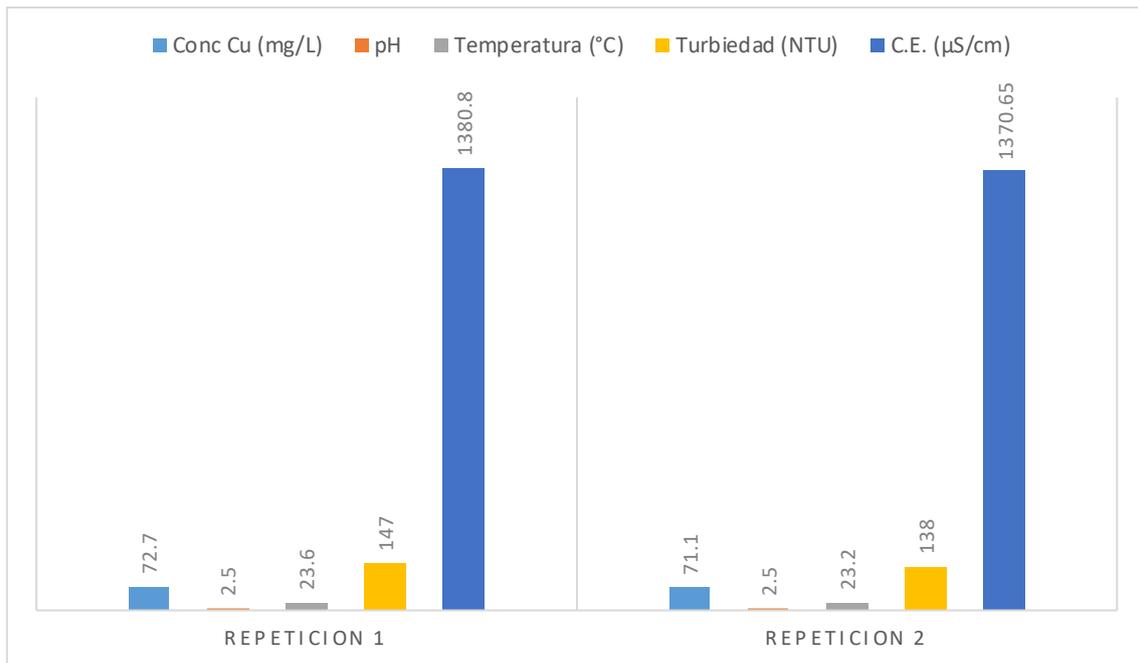
**Tabla 10:** Resultado inicial de la muestra N°2

		21/09/2018	
		11:45 AM	11:49 AM
ANÁLISIS DE CAMPO		REPETICIÓN 1	REPETICIÓN 2
PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO	RESULTADO
Concentración de cobre	mg/L	72.70	71.10
pH	Und pH	2.50	2.50
Temperatura	°C	23.6	23.2
Turbiedad	NTU	147	138
Conductividad eléctrica	µS/cm	1380.8	1370.6

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la Tabla N° 10 se encuentran los resultados del segundo punto de muestreo con las dos repeticiones con fecha y hora en que fueron tomadas, mostrando la concentración de cobre inicial antes de realizarse el tratamiento y los parámetros físicos y químicos que fueron analizados en sus concentraciones iniciales.

**Figura 7:** Grafico del análisis inicial para la muestra N°2.



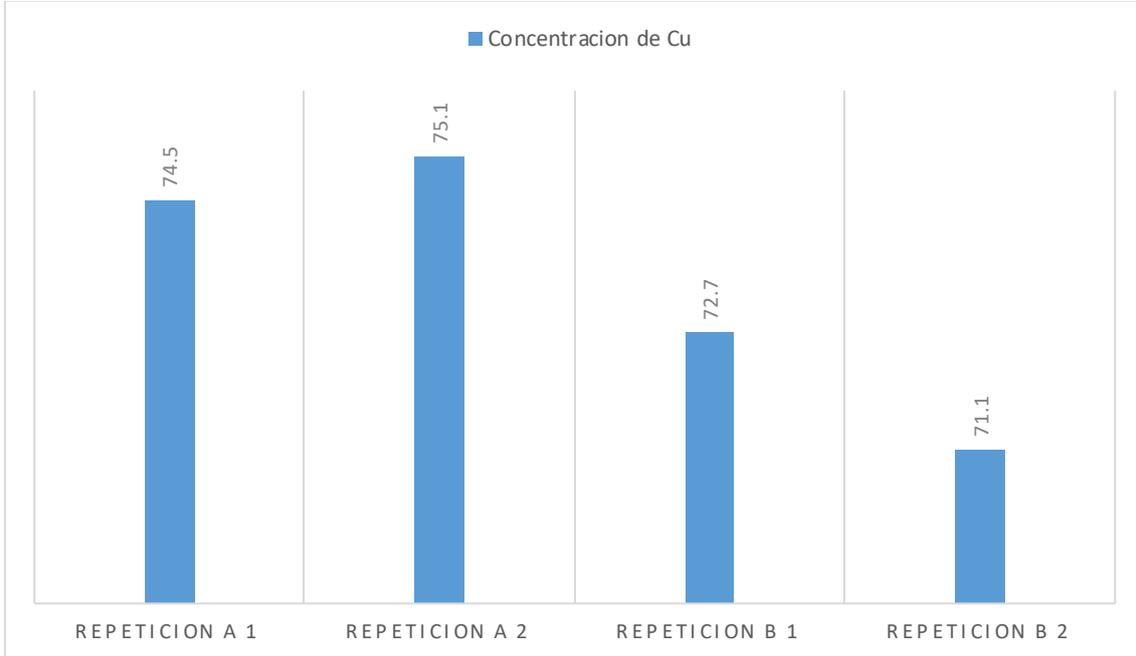
**Fuente:** Elaboración Propia.

En la Figura N° 7 se observa mediante un gráfico de barras los resultados del análisis mostrado en la Tabla N°10 las 2 repeticiones del segundo punto de muestreo, donde se coloca los parámetros físicos y químicos que se tomaron en cuenta para esta investigación, se observa que todos los resultados presentados exceden en las concentraciones dadas por el ECA agua D.S. N° 004-2017- MINAM.

### 3.2.1. Análisis de los parámetros iniciales en las muestras tomadas

Concentración de cobre

**Figura 8:** Grafico del análisis inicial para la concentración de cobre.

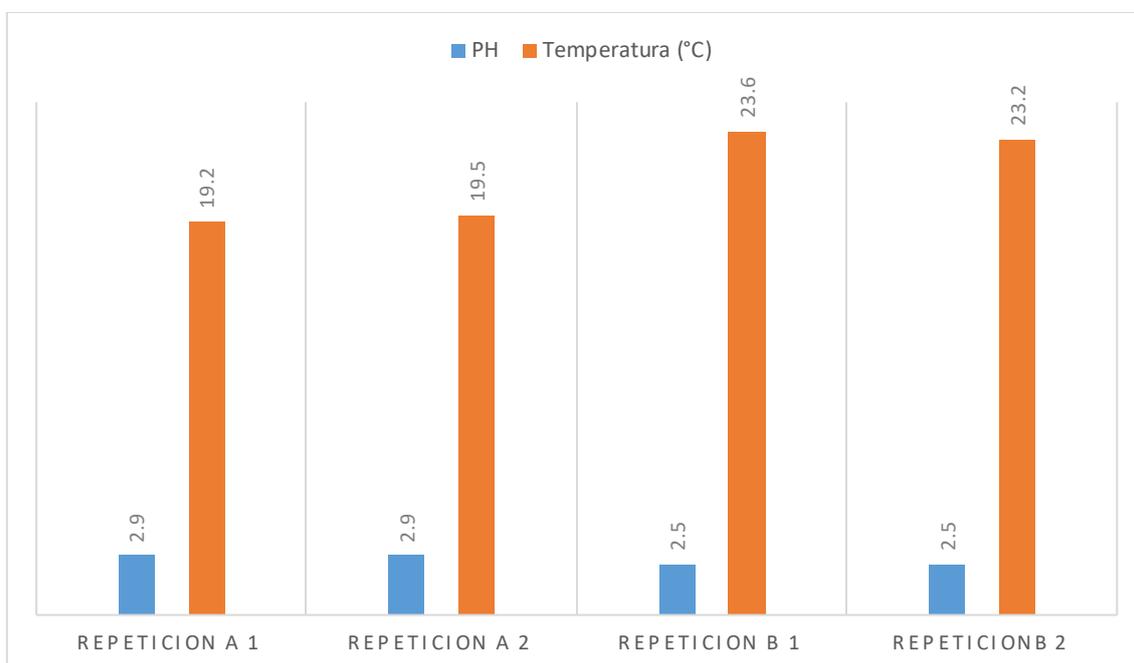


**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura N°8 se observa la concentración de cobre en la muestra inicial en los dos puntos de muestreo (A y B) y sus dos repeticiones (1 y 2), en el cual en el primer muestreo en la segunda repetición (A 2), se observa la mayor concentración de cobre (75.10 mg/L) a diferencia del segundo punto de muestreo y la segunda repetición (B 2) que se observa la menor concentración de cobre (71.10 mg/L) en el efluente a analizar. Estos resultados sobre pasan excesivamente el ECA agua D.S. N° 004-2017-MINAM donde la concentración máxima para uso de riego de vegetales es de 0.2 mg/L.

## Parámetros de pH y temperatura

**Figura 9:** Grafico del análisis inicial para los parámetros de pH y temperatura.



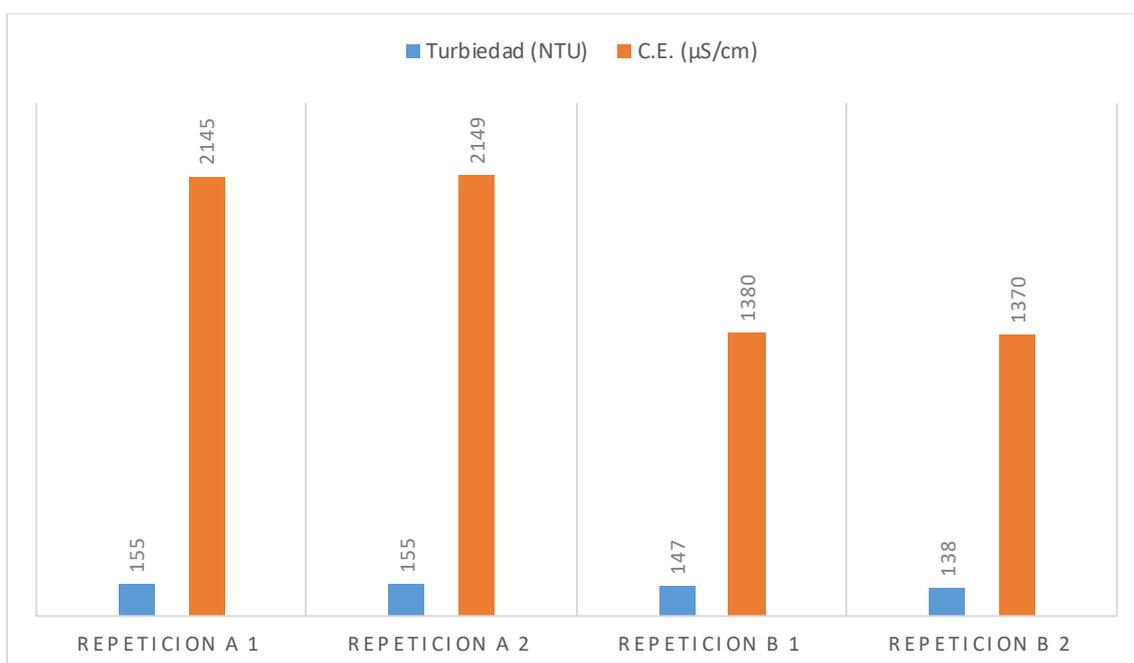
**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura N° 9 se observa los parámetros que fueron analizados en la muestra inicial en los dos puntos de muestreo (A y B) y sus dos repeticiones (1 y 2), según la figura en barras se interpreta que en el caso de la temperatura va en aumento según se va realizando el muestreo esto se debe al clima en el que se encuentra la zona para el parámetro dispuesto por el ECA solo puede variar 3°C y según la figura en barras se interpreta que en el caso del pH se mantiene en el primer punto de muestreo y lo mismo pasa en el segunda (2.9 y 2.5 respectivamente), ya que se encuentran en un medio ácido; comparando con el ECA agua D.S. N° 004-2017- MINAM el parámetro aceptable es de 6.5 a 8.5 unidades de pH.

## Parámetros turbiedad y conductividad eléctrica

En la figura N° 10 se observa los parámetros que fueron analizados en la muestra inicial en los dos puntos de muestreo (A y B) y sus dos repeticiones (1 y 2), en el parámetro de turbidez la concentración máxima encontrada en el primer punto de muestreo (A-2) tiene como resultado 2149 NTU cuando al comparar con el ECA agua D.S. N° 004-2017- MINAM la concentración máxima es de 100 UTN en la categoría 3 en agua para uso de riego de vegetales y en el parámetro de conductividad eléctrica la muestra cuenta con una gran cantidad de sales disueltas por eso que el resultado sobre pasa la categoría 3 en agua para uso de riego de vegetales donde no tiene que ser mayor a 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo los resultados menores 2145  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , al dispuesto por el ECA se desea reducir esta concentración de sales en el resultado.

**Figura 10:** Grafico del análisis inicial para turbiedad y conductividad eléctrica



**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.3. RESULTADOS FINALES DE LA INVESTIGACIÓN

Se presentaron los resultados de la concentración final de cobre y para los parámetros físicos (temperatura y pH) y químicos (turbiedad y conductividad eléctrica) de las muestras del efluente posterior al tratamiento de rizofiltración y osmosis inversa, los cuales tuvieron 2 mediciones por el tiempo de (10 días y 15 días).

**Tabla 11:** Resultado final de la muestra N°1

ANÁLISIS DE CAMPO		A-1 (10 días)	B-2 (15 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO	RESULTADO
Concentración de cobre	mg/L	5.48	2.27
pH	Und pH	6.3	6.9
Temperatura	°C	19.2	19.2
Turbiedad	NTU	39	39
Conductividad eléctrica	μS/cm	145.4	145.4

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 11 se obtuvieron los resultados en el primer punto de muestreo con los periodos de tratamiento que fueron 10 y 15 días dentro del estanque con el tratamiento de rizofiltración usando *Myriophyllum aquaticum* concluido este periodo se realizó el método de osmosis inversa.

**Tabla 12:** Resultado final de la muestra N°2

ANÁLISIS DE CAMPO		A-1 (10 días)	B-2 (15 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO	RESULTADO
Concentración de cobre	mg/L	5.36	1.87
pH	Und pH	6.3	6.9
Temperatura	°C	19.2	19.2
Turbiedad	NTU	39	39
Conductividad eléctrica	μS/cm	138.8	137.6

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se presenta la tabla 12, se obtuvieron los resultados en el segundo punto de muestreo con los periodos de tratamiento que fueron 10 y 15 días dentro del estanque con el tratamiento de rizofiltración usando *Myriophyllum*, para evaluar si la planta aun contiene la capacidad de retener cobre en sus raíces y estabilizar los parámetros físico químicos y de igual manera se realizó el método de osmosis inversa. Posteriormente se mostrarán todos los resultados obtenidos.

### 3.4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Concentración de Cu

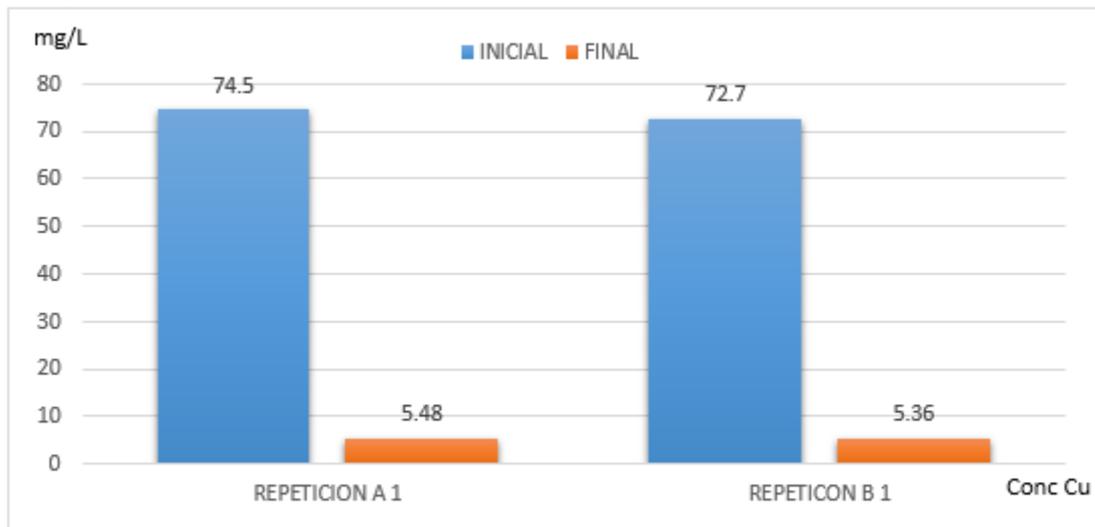
**Tabla 13:** Resultados de la concentración de Cu inicial y final. (10 días)

ANÁLISIS DE CAMPO		MUESTRA 1		MUESTRA 2	
		A-1	A-1 (10 días)	B-1	B-1 (10 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Concentración de cobre	mg/L	74.5	5.48	72.7	5.36

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 13 se evidencia la variación de la concentración de cobre en su etapa inicial y después de realizar el tratamiento, en un periodo de tratamiento de 10 días, para ambos puntos de muestreo. Donde se aprecia una gran reducción en la concentración de 74.5 mg/L hasta un 5.48 mg/L.

**Figura 11:** Resultados iniciales y finales para la concentración de Cu (10 días)



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 11 se muestra la variación en los valores iniciales y finales analizados para la concentración de cobre en el tratamiento de 10 días, se puede observar la reducción en la concentración de cobre al finalizar el tratamiento con una eficiencia del 92.8%, comparando estos resultados con los dispuestos al ECA agua que tiene como limites

0.2 mg/L de cobre en el agua, los resultados no cumplen con el objetivo de esta investigación.

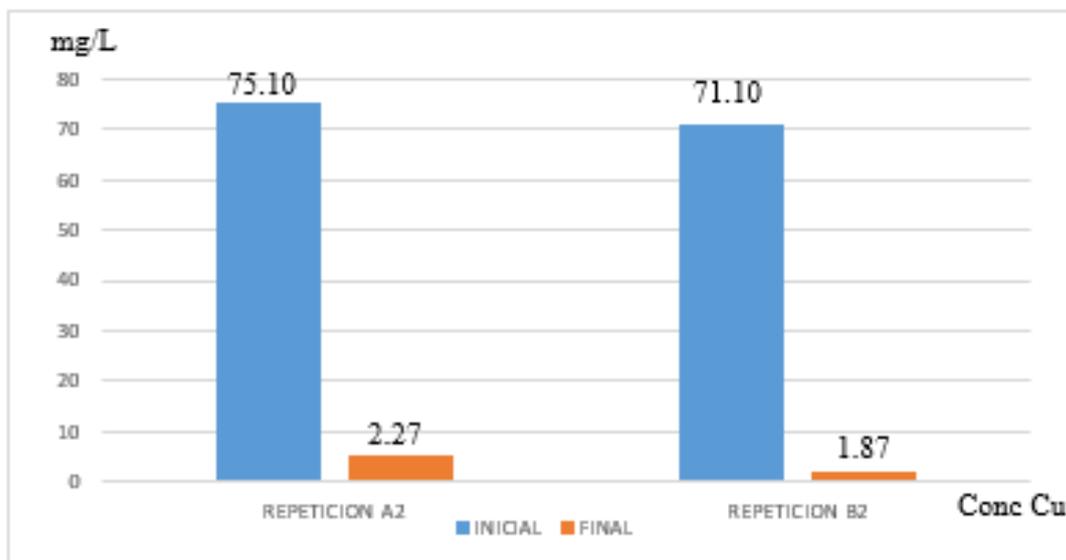
**Tabla 14:** Resultados de la concentración de Cu inicial y final. (15 días)

ANÁLISIS DE CAMPO		MUESTRA 1		MUESTRA 2	
		A-2	A-2 (15 días)	B-2	B-2 (15 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Concentración de cobre	mg/L	75.10	2.27	71.10	1.87

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 14, donde el tratamiento cumplió los 15 días con la planta captadora de cobre realizada por el tejido de su raíz, se obtuvo un mejor resultado con respecto a la concentración de cobre, donde el análisis inicial fue de 71.1 mg/L de cobre para la muestra B-2, obteniéndose como resultado final un 1.87 mg/L de cobre en el efluente esto equivale a un 97% de eficiencia en este parámetro.

**Figura 12:** Resultados iniciales y finales para la concentración de Cu (15 días)



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 12 se observa mediante un gráfico de barras los resultados finales y la variación que se obtuvo después de realizada la investigación, para la concentración de cobre con un tratamiento de 15 días de rizofiltración usando *Myriophyllum*

*aquaticum*, la reducción en la concentración es aún mayor que el mostrados en la tabla 14. Pero no se llega al objetivo planteado de lograr estar en las concentraciones dispuestas por el ECA, que tiene como límites 0.2 mg/L.

Comparación de resultados de los parámetros físicos y químicos para un tratamiento de 10 días.

Parámetro de pH

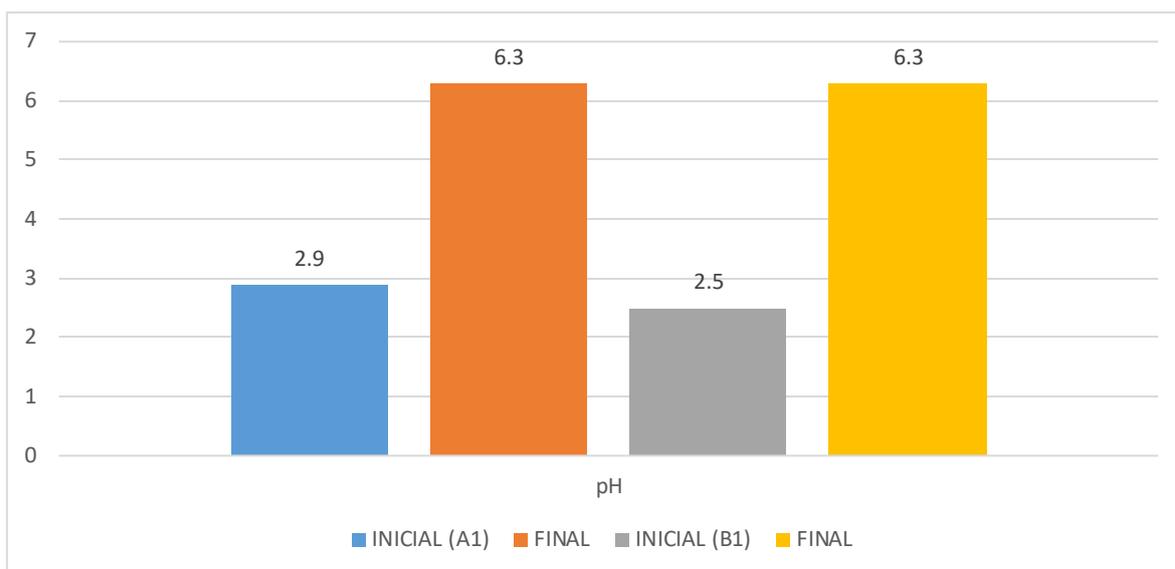
**Tabla 15:** Resultados del parámetro de pH inicial y final. (10 días)

ANÁLISIS DE CAMPO		MUESTRA 1		MUESTRA 2	
		A-1	A-1 (10 días)	B-1	B-1 (10 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
pH	Und pH	2.9	6.3	2.5	6.3

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 15 se observan los resultados de los análisis en los parámetros de pH, para la primera y segunda muestra en su primera repetición donde se puede observar la variación de los parámetros en un periodo de 10 días de tratamiento. Se observa que el resultado inicial para el punto A-1 es 2.9 pH y final 6.9 pH, de los resultados se aprecia que la especie utilizada si estabilizo este parámetro de pH, al punto de neutralizar como se aprecia en los resultados.

**Figura 13:** Resultados iniciales y finales para el parámetro de pH (10 días).



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 13 se observan los resultados en el parámetro de pH en su etapa inicial y final, donde se observa que de un medio ácido (2.5 pH) después del tratamiento se encuentra en un punto neutro según la escala de pH (6.3 pH), esto se debe a que la planta es estabilizadora y se adaptó en el nivel de pH en el que se encontró inicialmente. En el parámetro de pH se encuentra cerca a lograr los parámetros dispuestos por el ECA 6.5 -8.5 pH siendo la diferencia 0.2 unidades de pH en la escala establecida.

#### Parámetro de temperatura

**Tabla 16:** Resultado del parámetro de temperatura inicial y final. (10 días)

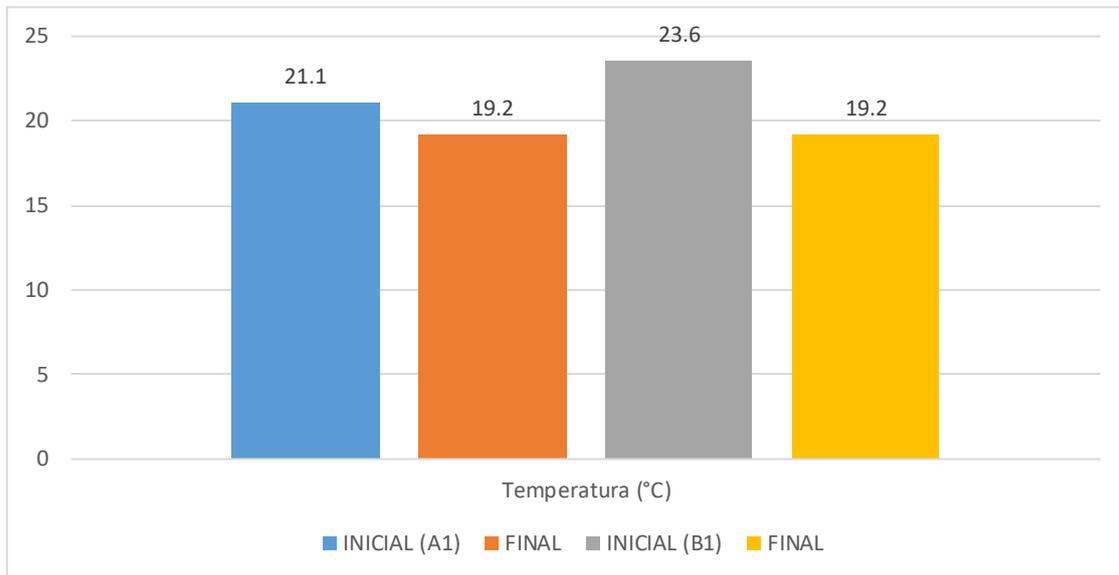
ANÁLISIS DE CAMPO		MUESTRA 1		MUESTRA 2	
		A-1	A-1 (10 días)	B-1	B-1 (10 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Temperatura	°C	21.1	19.2	23.6	19.2

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 16 se observan los resultados de los análisis en los parámetros de temperatura, para la primera y segunda muestra en su primera repetición donde se puede observar que la temperatura se estabiliza y se encuentra en la temperatura donde se desarrolla el tratamiento. Se observa que los resultados son iguales en los resultados

finales (19.2 °C), de los resultados se aprecia que la especie utilizada disminuyó a temperatura.

**Figura 14:** Resultados iniciales y finales para el parámetro de temperatura (10 días).



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 14 se comparan los resultados iniciales y finales para el análisis de temperatura donde se aprecia la disminución en la muestra B-1 se disminuyó 4°C, donde se lograron en los resultados finales llegar a condiciones normales, el ECA refiere que solo podrá tener una variación de 3°C.

Parámetro de turbidez

**Tabla 17:** Resultado del parámetro de turbidez, inicial y final. (10 días)

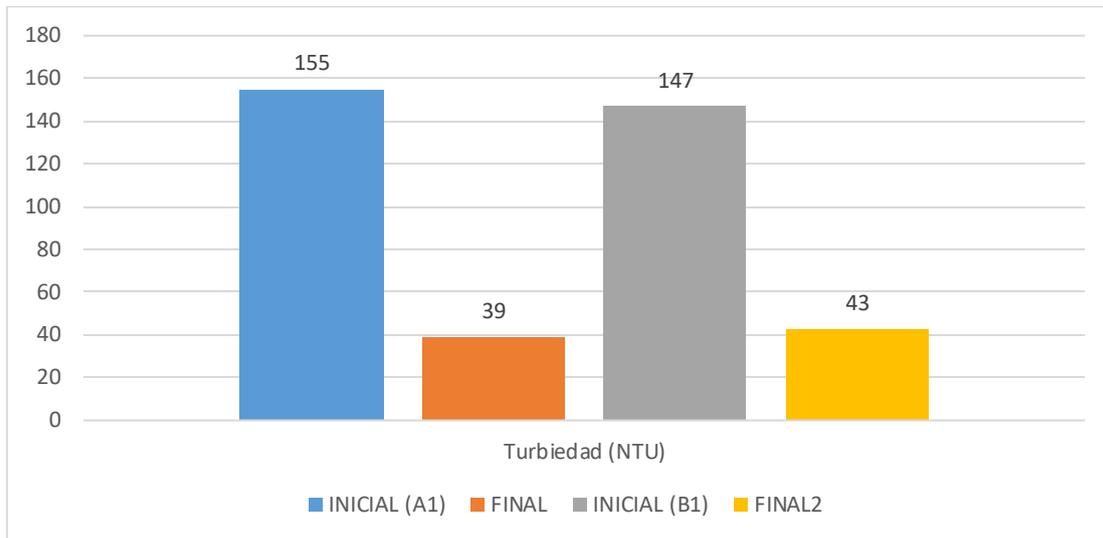
ANÁLISIS DE CAMPO		MUESTRA 1		MUESTRA 2	
		A-1	A-1 (10 días)	B-1	B-1 (10 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Turbiedad	NTU	155	39	147	43

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se observa en la tabla 17 la variación de los resultados iniciales y resultados finales para el parámetro de turbidez, se aprecia una notable reducción en este parámetro, donde la eficiencia del tratamiento utilizado con un periodo de 10 días de tratamiento

es notoria. Para la turbiedad inicial fue de 155 NTU tras el tratamiento se redujo a 39 NTU, logro una eficiencia de 74%.

**Figura 15:** Resultados iniciales y finales para el parámetro de turbidez (10 días)



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 15 se idéntica la variación de los resultados iniciales y los resultados finales después de la utilización del tratamiento en el parámetro de turbidez, para el tratamiento que se realizó en 10 días, comparando los resultados en sus dos repeticiones, se evidencia la disminución de sus concentraciones, los resultados obtenidos se encuentran dentro de lo establecido por el ECA para el parámetro de turbidez el limites es de 100 NTU lo cual se obtuvo como resultado final después del tratamiento un valor de 39 NTU. Esto si cumple el objetivo establecido.

Parámetro de conductividad eléctrica

**Tabla 18:** Resultado inicial y final del parámetro de C.E. (10 días)

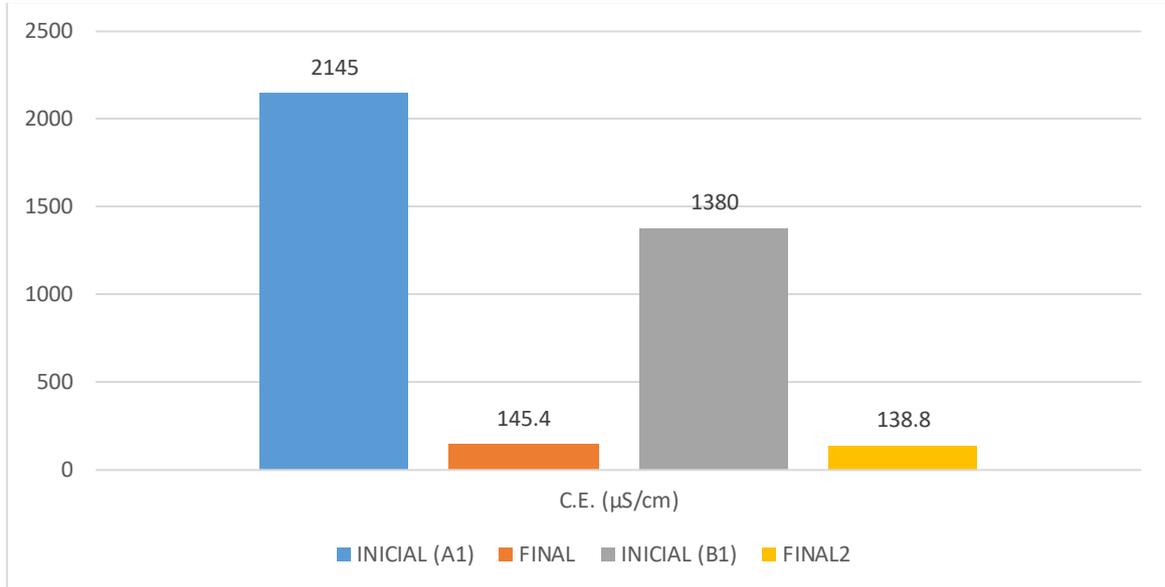
ANÁLISIS DE CAMPO		MUESTRA 1		MUESTRA 2	
		A-1	A-1 (10 días)	B-1	B-1 (10 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Conductividad eléctrica	µS/cm	2145	145.4	1380	138.8

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se observa en la tabla 18 la variación de los resultados iniciales y resultados finales para el parámetro de conductividad eléctrica se obtuvo como resultado inicial en la

muestra A-1 se obtuvo un resultado de 2145  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras como resultado final 145.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en un plazo de 10 días de tratamiento, se logró una eficiencia de 93%.

**Figura 16:** Resultados iniciales y finales para el parámetro CE (10 días)



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 16 se evidencia la variación de los resultados iniciales y los resultados finales después de la utilización del tratamiento en el parámetro de conductividad eléctrica, para el tratamiento que se realizó en 10 días, donde se evidencia la disminución en la conductividad eléctrica los resultados obtenidos se encuentran dentro de lo establecido por el ECA ya que son 1238.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y es menor al valor de 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Comparación de resultados de los parámetros físicos y químicos para un tratamiento de 15 días.

Parámetro de pH

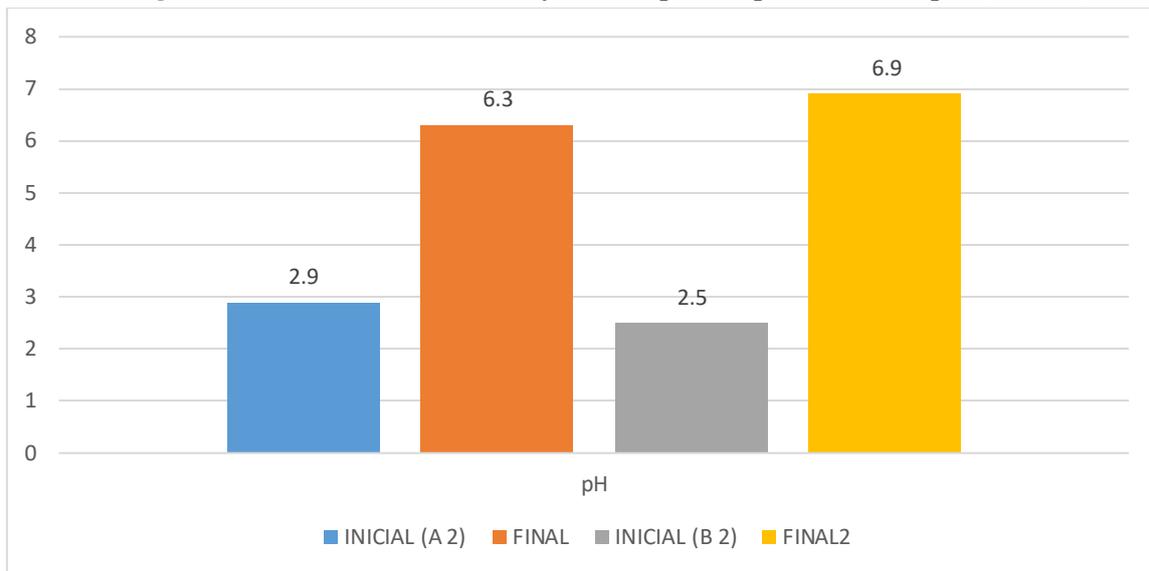
**Tabla 19:** Resultados de los parámetros pH. (15 días)

ANÁLISIS DE CAMPO		MUESTRA 1		MUESTRA 2	
		A-2	A-2 (15 días)	B-2	B-2 (15 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
pH	Und pH	2.9	6.3	2.5	6.9

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se observa que en la tabla 20 se encuentran los resultados del parámetro de pH, para la primer y segundo punto de muestreo en la segunda repetición donde se puede apreciar la comparación de los resultados iniciales y finales de los parámetros en sus dos repeticiones, en caso del pH se neutraliza aún más que en resultado que se obtuvo en el tratamiento donde el periodo fue de 10 días, en la muestra B-2 logra llegar a 6.9 pH.

**Figura 17:** Resultados iniciales y finales para el parámetro de pH (15 días).



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 17 se observa las comparaciones en los resultados iniciales y finales, comparando las dos tomas de muestras del parámetro de pH, se evidencia la estabilización en el pH, colocándolo en una escala neutra, donde se logra el objetivo de colocarlo dentro del parámetros del ECA 6.5 – 8.5 Unidad de pH en la investigación se logró un parámetro de 6.9 unidad de pH.

Parámetro de temperatura

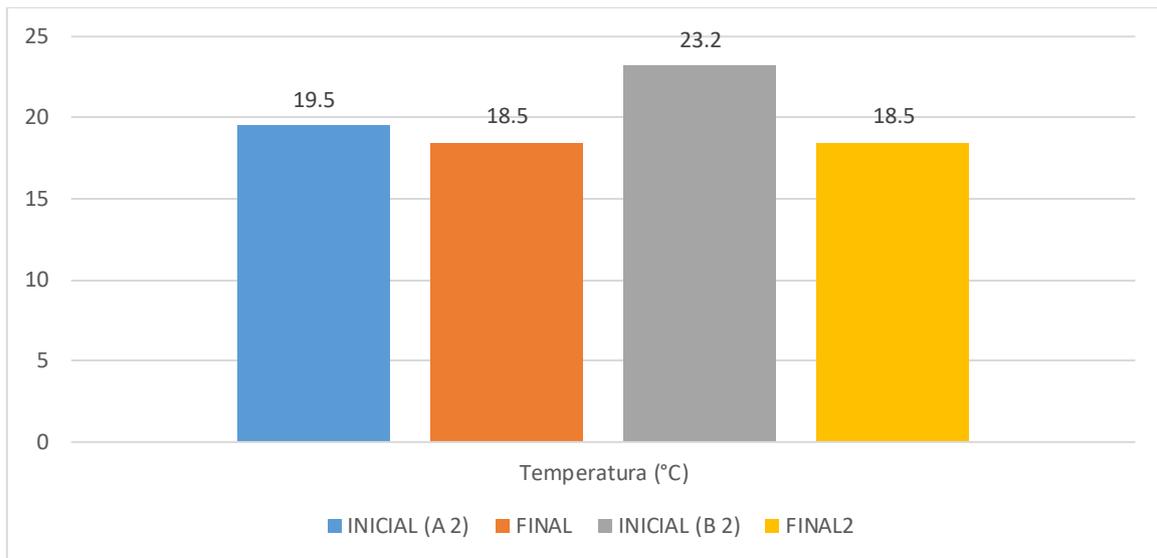
**Tabla 20:** Resultados de los parámetros temperatura. (15 días)

ANÁLISIS DE CAMPO		MUESTRA 1		MUESTRA 2	
		B-2	B-2 (15 días)	B-2	B-2 (15 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Temperatura	°C	19.5	18.5	23.2	18.5

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 20 se observan los resultados de los análisis en los parámetros de temperatura, para la primera y segunda muestra para el tratamiento de 15 días, en su primera repetición donde se puede observar que la temperatura se estabiliza y se encuentra en la temperatura donde se desarrolla el tratamiento. Se observa que los resultados son iguales en los resultados finales (18.5 °C), de los resultados se aprecia que la especie utilizada disminuyó a temperatura.

**Figura 18:** Resultados iniciales y finales para el parámetro de pH (15 días).



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 18 se comparan los resultados iniciales y finales para el análisis de temperatura donde se aprecia la disminución en los resultados finales colocándolos a condiciones normales, el ECA refiere que solo podrá tener una variación de 3°C.

Parámetro de turbidez

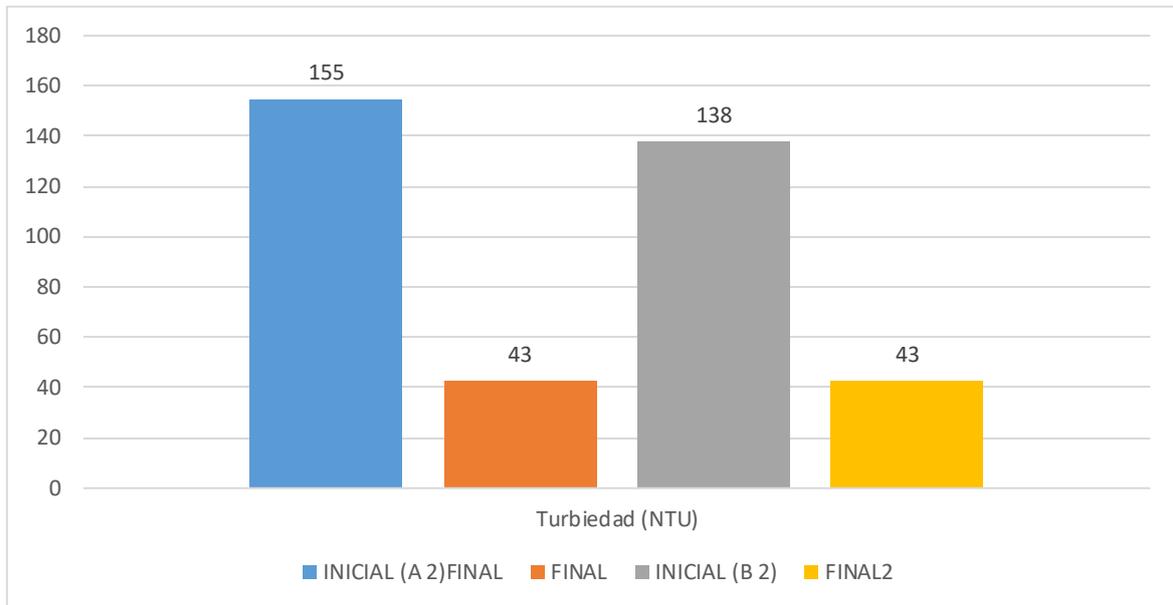
**Tabla 21:** Resultados del parámetro turbidez inicial y final. (15 días)

ANÁLISIS DE CAMPO		MUESTRA 1		MUESTRA 2	
		A-2	A-2 (15 días)	B-2	B-2 (15 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Turbiedad	NTU	155	43	138	43

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 21 se comparan los resultados iniciales y finales después de realizada el tratamiento en las dos repeticiones realizadas en el parámetro de turbidez, se observa que el caso de turbiedad inicial para la muestra A-2 fue de 155 NTU mientras el resultado final fue de 43 NTU, teniendo como eficiencia un 70%.

**Figura 19:** Resultados iniciales y finales para el parámetro de Turbidez (15 días).



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 19 se observa la comparación de los resultados iniciales y finales, en sus dos muestras en los parámetros de turbiedad, en ambas muestras el resultado final donde estuvo un tratamiento de 15 días, se encuentra debajo del valor ordenado por el ECA Agua donde tiene como límite 100 NTU, y se obtuvo como resultados finales se obtuvo 43 NTU.

Parámetro de conductividad eléctrica

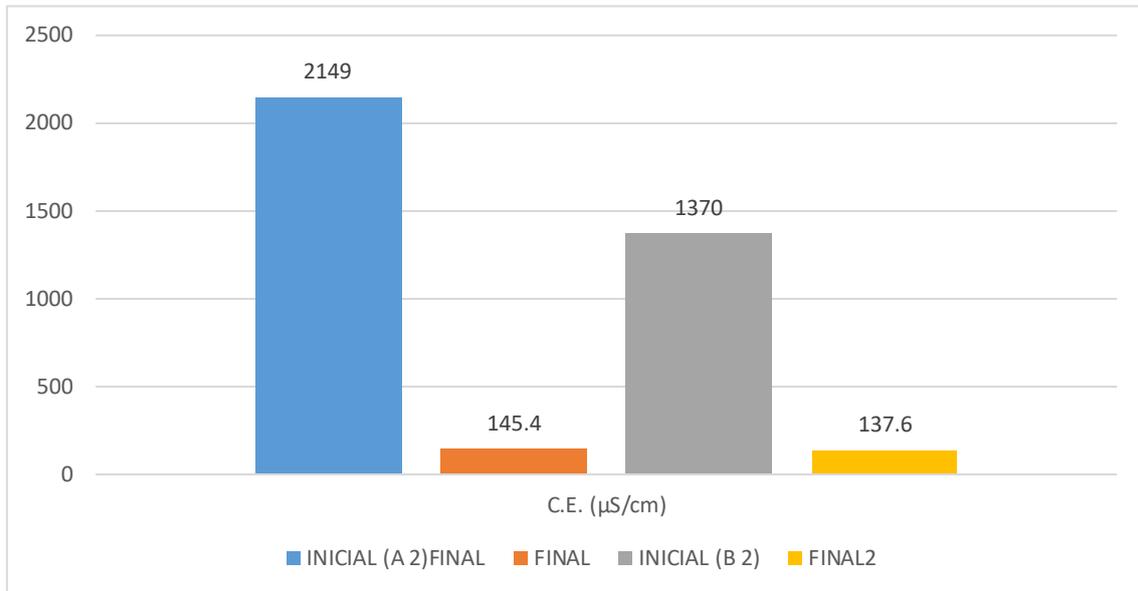
**Tabla 22:** Resultados del parámetro conductividad eléctrica inicial y final. (15 días)

ANÁLISIS DE CAMPO		MUESTRA 1		MUESTRA 2	
		B-2	B-2 (15 días)	B-2	B-2 (15 días)
PARAMETROS	Unidad	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL
Conductividad eléctrica	μS/cm	2149	145.4	1370	137.6

**Fuente:** Elaboración Propia.

Se observa en la tabla 22 la variación de los resultados iniciales y resultados finales para el parámetro de conductividad eléctrica se obtuvo en la muestra B2 como resultado inicial 2149  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mientras como resultado final 145.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en un plazo de 15 días de tratamiento, se logró una eficiencia de 89%.

**Figura 20:** Resultados iniciales y finales para el parámetro de conductividad eléctrica (15 días).



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 20 se idéntica la variación de los resultados iniciales y los resultados finales después de la utilización del tratamiento en el parámetro de conductividad eléctrica, para el tratamiento que se realizó en 15 días, donde se evidencia la disminución en la conductividad eléctrica los resultados obtenidos se encuentran dentro de lo establecido por el ECA nos pide tener un valor menor al de 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se logró reducir a 145.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$

#### 4.1. EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO

Para determinar la eficiencia del tratamiento desarrollado en la investigación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 & C_i = \text{Concentración Inicial} \\
 & C_f = \text{Concentración Final} \\
 & \% \text{Eficiencia} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100
 \end{aligned}$$

**Tabla 23:** Eficiencia del tratamiento separado en los 2 periodos de tratamiento

	TRATAMIENTO DURANTE 10 DÍAS	TRATAMIENTO DURANTE 15 DÍAS	TRATAMIENTO DURANTE 10 DÍAS	TRATAMIENTO DURANTE 15 DÍAS
EFICIENCIA	MUESTRA A1	MUESTRA A2	MUESTRA B1	MUESTRA B2
Reducción de la concentración de cobre	92.65 %	92.86%	96.87%	97.36%
Eficiencia de reducción en turbiedad	74.84%	74.83%	70.74%	68.84%
Eficiencia de reducción en conductividad eléctrica	93.22%	93.54%	89.46%	89.95%

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 23 se observa la eficiencia en la reducción de los parámetros de concentración de cobre, turbiedad y conductividad eléctrica. Siendo de mayor eficiencia los resultados en el tratamiento realizado en los 15 días para los 3 parámetros señalados, en conclusión, se infiere que a mayor tiempo de exposición con la planta fitorremediadora mayor será la reducción en estos parámetros.

El cuadro estadístico que se presenta el coeficiente de variación para simbolizar la medida de la dispersión de los resultados, representando las medidas de tendencia central (media y mediana) y las medidas de dispersión (varianza, desviación estándar o típica, el valor mínimo y valor máximo), los datos cuales nos ayudaran a saber cuáles son los resultados de los parámetros tuvieron mayor o menor dispersión intermedia con respecto a los demás valores.

**Tabla 24:** Estadísticos de los parámetros

<b>Estadísticos</b>	<b>Conc. Cu mg/L</b>	<b>pH Und</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbiedad NTU</b>	<b>C.E. μS/cm</b>
<b>MEDIA</b>	3.87	6.6	18.85	41	<b>145.4</b>
<b>MEDIANA</b>	3.87	6.6	18.85	41	<b>145.4</b>
<b>VARIANZA</b>	5.15	0.18	0.25	8	<b>0</b>
<b>DESV. TIP</b>	2.26	0.43	0.49	2.82	<b>0</b>
<b>MÍNIMO</b>	1.87	6.3	18.5	39	<b>137.65</b>
<b>MÁXIMO</b>	5.48	6.9	19,2	43	<b>145..4</b>
<b>COEFICIENTE DE VARIACION</b>	60.60	6.42	2.62	6.89	<b>0</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

En la tabla 24 se observa que el parámetro con menor coeficiente de variación fue en la conductividad eléctrica, ya que los resultados en donde el tratamiento tuvo un periodo de 10 y 15 días se mantuvieron constante con respecto a las dos tomas de muestra. Mientras que el parámetro que tuvo mayor coeficiente de variación fue la concentración de cobre esto quiere decir que tuvo una mayor dispersión en relación con los demás resultados, mantuvo una reducción al incrementar su periodo de tratamiento.

## CAPÍTULO VI: DISCUSIONES

En la presente investigación se determinó el nivel de reducción en la concentración de cobre, donde se obtiene mejores resultados de remoción en un tiempo ideal de 15 días debido a que en este periodo se un 98% de eficiencia de reducción en la concentración, como también muestran los resultados que la metodología empleada en esta investigación desempeña mayor eficiencia en reducción a comparación de métodos químicos y al comparar con el antecedente de Mendoza, Salazar y Bravo, (2016) en su tesis realizada donde sus resultados finales de la concentración de cobre obtuvo como porcentaje de reducción un 90%, de eficiencia, mientras que utilizando la técnica de rizofiltración con la especie *Myriophyllum aquaticum*, donde los resultados de concentración inicial es de 75.1 mg/L de cobre, empleando este tratamiento pasivo final fue de 1.87 mg/L con una eficiencia de 92.86%, esto se debe al tiempo de la aplicación y al método utilizado, donde se obtuvo resultado mayor al obtenido en el antecedente.

En los resultados obtenidos a mayor tiempo expuesto el efluente minero a esta especie de planta fitorremediadora, mayor será la remoción de la concentración de cobre, debido a en el segundo tiempo (15 días) del tratamiento se obtuvo mejores resultados, así mismo logramos comprobar que la metodología utilizada en esta investigación, desarrollo mayor eficiencia en los parámetros de concentración de cobre, ph, turbidez y conductividad eléctrica, en comparación a la investigación realizada por Rimarachin y Moreno, (2015) que recomienda otra especie de planta y mayor tiempo de aplicación.

Según los resultados obtenidos al termino de nuestro tratamiento, se observa que en el periodo de 15 días existe mayor reducción en la concentración de cobre, sin embargo, para la comparación de ambos tratamientos con el ECA-Perú, la concentración se encuentra fuera de los parámetros establecidos.

Consecuentemente observando los resultados de los parámetros pH, temperatura, turbidez y conductividad eléctrica, el cual fue mas exitoso en comparación a los antecedentes.

Al término de la investigación se tiene como resultados en el parámetro de pH donde el valor inicial fue de 2.5 pH y al compararlo con los resultados finales se obtuvo un valor de 6.9 pH el cual cumple con el objetivo establecido, comprando este resultado

con el obtenido por el investigador Villanueva (2006) el cual tuvo como resultado final 4.5 pH en su investigación realizada con cascaras de cítricos, esto evidencia que la utilización de esta especie de planta fitorremediadora tiene mejores resultados que la aplicación de cítricos.

En el periodo de tratamiento en el que se utilizó la planta *Myriophyllum aquaticum* se obtuvo como plazo de capacidad de adaptabilidad 15 días, ya que se apreció la pérdida de color y forma, en el caso de la investigación de Manzano (Madrid), 2013 donde nos señala que la especie utilizada solo logra tolerar un plazo de 10 días.

## CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

En esta tesis se determinó el nivel de reducción de concentración de cobre en el efluente minero mediante la Rizofiltración con *Myriophyllum aquaticum* y la Osmosis inversa, a nivel laboratorio, en la zona de Uchumayo, Arequipa. De los resultados se obtuvieron que el cobre en el efluente minero disminuyó de su concentración inicial de 71.10 mg/L a el resultado del análisis final a 1.87 mg/L en un periodo de tratamiento de 15 días en la técnica de rizofiltración y osmosis inversa.

El uso de fitorremediación es pieza fundamental en la reducción de concentración de metales en el suelo o agua, como se puede observar en los resultados la reducción de cobre y como estabilizador de pH, siendo directamente proporcional la presencia de especies vegetales con el periodo de tiempo. Como en este tratamiento se demuestra la eficiencia de esta especie mediante la rizofiltración con *Myriophyllum aquaticum*.

Durante el tratamiento cuanto mayor sea la concentración de cobre, menor es la capacidad de amortiguamiento de pH, comparado con las 3 muestras.

Se determinó que el uso de biorremediación es económica y eficiente para continuar su aplicación en procesos de fitorremediación de suelos contaminados con cobre.

La investigación realizada rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa; donde el tratamiento de rizofiltración (*Myriophyllum aquaticum*) y la Osmosis inversa redujo la concentración de contaminantes en el efluente minero en la zona de Uchumayo, mejorando las características del agua en los parámetros de concentración de cobre, pH, turbiedad, temperatura y conductividad eléctrica.

Se concluye que de acuerdo a los factores a las que está expuesto la planta acuífera fitorremediadora será mayor la eficiencia esto depende del tipo de contaminante, concentración del metal, el tipo de planta, tiempo de tratamiento y el método utilizado para la investigación.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

Diseñar un prototipo que una óptima remoción de minerales pesados utilizando especie vegetales.

Agregar mayor cantidad de repeticiones de muestra y puntos de muestreo para evidenciar una mejor variación de resultados, siguiendo la guía de muestreo.

Aplicar de esta tecnología de remoción de metales, ya que se busca la innovación de tecnologías económicas y eficiente que formen parte de un mecanismo, que aporta la posibilidad de mitigar los impactos ambientales.

Desarrollar proyectos que sean eficientes, utilizando la combinación de especies de plantas fitorremediadora investigadas, para mejorar en el parámetro de turbiedad, y así conseguir un mejor resultado en menor tiempo de aplicación.

## CAPÍTULO VII: REFERENCIA BIBLIOGRÁFICO

ROMERO, A y FLORES S. Tratamiento de efluentes de la industria minera con dolomita. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2010. 26 pp.

BHATTACHARYA y Williams. *Reverse Osmosis: Introduction and Definitions and Theory* [en línea]. New York. Membrane Handbook, 1992

Disponible en: [https://degruyter.com/dg/viewarticle/j\\$002frevce.2004.20.1-2\\$002frevce.2004.20.1-2.111\\$002frevce.2004.20.1-2.111.xml](https://degruyter.com/dg/viewarticle/j$002frevce.2004.20.1-2$002frevce.2004.20.1-2.111$002frevce.2004.20.1-2.111.xml)

REVISTA argentina de Diseños experimentales y cuasi experimentales en la investigación social. [en línea]. Buenos Aires, Amorrortu.

Disponible en: <https://knowledgesociety.usal.es/sites/default/files/campbell-stanley-disec3b1os-experimentales-y-cuasiexperimentales-en-la-investigac3b3n-social.pdf>

REVISTA de Muestreo Probabilístico [en línea] NETQUEST, 2015

Disponible en <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-aleatorio-simple>

AGRICULTURERS, Red de Especialistas en Agricultura, 2015

Disponible en: <http://agriculturers.com/la-fitorremediacion-plantas-para-tratar-la-contaminacion-ambiental/>

Salt D, Smith R, PHYTOREMEDIATION. Annual Review of plant Physiology, 2018.

Disponible en:

<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.49.1.643>

INTAGRI, La hidroponía: Cultivos sin suelo. México. 5P. 2017

Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>

CONCHA y Alcaino. Análisis y comparación de Tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales. Chile: Universidad de Chile, 2012. 64 pp.

Revista WATER and the earths resources- [en línea] México: Problemas del agua potable: El cobre. Instituto de Recursos de Agua de Texas. 2005

CHICKEN, E. Características y morfología de *Myriophyllum aquaticum* (Velloso) Verdc. (M. brasiliense Camb) Gran Bretaña, 1977 pp 5-63.

UNICEF. s.l.: HISPAN TV, 2017, Vol. Nexo Latino.

Disponible en: <https://hispantv.com/noticias/sociedad/336507/unicef-sed-millones-ninos-agua-potable-2040>

FHAD, Ullah; HENG, Munis. Phytoremediation of heavy metals asisted soil microbial activities, Yang: Environmental and experimental botany, 2015

FORZZA, R. Listado de especies Flora do Brasil. Rio de Janeiro: Forzza, 2010 pp 23-45.

REVISTA, Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, Rizofiltracion para el tratamiento de efluentes liquidos de cianuros que contienen cromo, cobre y cadmio. Colombia.

Disponible en: [www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html](http://www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html) .2009

Ministerio de Minería, Tipos de Minerales, Gobierno de Chile, Chile, marzo del 2018.

Disponible en: <http://www.minmineria.gob.cl/%C2%BFque-es-la-mineria/tipos-de-minerales/>

FUENTES, Torres Relaves mineros en el Perú. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, 2013.

REVISTA en la Definición de cobre [en línea] GARDEY y Pérez, [fecha de consulta: 20 de mayo de 2018].

Disponible en: <https://definicion.de/cobre/>

HARGUINTEGUY, Schreiber. [en línea] Argentina: Myriophyllum A. como biomonitor de entrada de metales pesados de agua relacionada con actividades agrícola en el río Xanaes (Cordoba, Argentina) 2012

KAMAL, Mahmoud; COTE, R. [en línea] Estados Unidos: Phytoaccumulation of heavy metals by aquatic plant": s.n., 2004

REVISTA en La minería de cobre y sus impactos en el Ecuador. [en línea] Quito 2013

Disponible en: <https://www.salvalaselva.org/noticias/5066/la-mineria-de-cobre-y-sus-impactos-en-el-ecuador>

REVISTA del Consejo Argentino para la información y el Desarrollo de la Biotecnología. [en línea] Argentina 2007

Disponible en: <http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=202>

LE PROUX, Remoción de metales pesados. Francia: Universidad de Burdeos, 2002 pp 43-52.

LOPEZ, Gutiérrez y HELMER. Tratamiento Anaeróbica de aguas acidas de mina con travertino y compost a escala de laboratorio, Huancayo: Universidad Nacional del Centro, 2011.

TOELLINO, López y MELAJ. [en línea] Argentina: Rizofiltración en el tratamiento de aguas contaminadas con uranio, 2014 [fecha de consulta: 23 de mayo]

Disponible en:

[https://researchgate.net/publication/228617774\\_Rizofiltracion\\_en\\_el\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_contaminadas\\_con\\_uranio](https://researchgate.net/publication/228617774_Rizofiltracion_en_el_tratamiento_de_aguas_contaminadas_con_uranio)

MANZANO, Selección de plantas y enmiendas para la recuperación de suelos de mina contaminados con arsénico y metales pesados, Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2013.

MENDOZA, Salazar y BRAVO. Fitorremediación acuática con Myriophyllum aquaticum para el tratamiento de efluentes generados por pasivos ambientales mineros de Hualgayoc- Cajamarca. Lima: Universidad Nacional del Callao, 2016.

Ley n° 28611 Ley General del Ambiente. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú.

HEREDIA y Rodriguez, Occupational poisoning due to heavy metals, Santiago de Cuba: Universidad de Oriente, 2017.

Salud pública de cobre. [en línea]. Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedad. 2004.

Disponible en: [https://atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs132.pdf](https://atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs132.pdf)

RIMARACHIN, Moreno. Tratamiento de agua de efluentes mineros- metalúrgicos utilizando métodos pasivos y activos en sistemas experimentales”. Lima: Universidad Nacional de Trujillo, 2015.

VILLANUEVA. Biosorción de Cobre (II) por biomasa pre tratada de cascara de citrus Sinensis, Citrus Limonium y Opuntia Ficus”. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2006.

YAGNENTKOVSKY, Nadia. Aplicación de técnicas de biorremediación para el tratamiento de residuos industriales con alto contenido de metales pesados. Argentina: Universidad de la Plata, 2011.

SAMPIERI, Roberto Hernández. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. España: sexta edición, 2007.

SALT y Smith. Phytoremediation- Plant -molecular Biology. Alemania: Testing the use of the Water Milfoil, 1998.

Instrumentos de Laboratorio [en línea] Uso y funciones. 2016

Disponible en <https://instrumentosdelaboratorio.org/uso-del-termometro>

BAILON, Rivera, MENDOZA. [en línea] Instrumentos de Conductividad, 2016

Disponible en: <https://instrumentosdeconductividad.wordpress.com>

## CAPÍTULO V: Anexo

### FOTOGRAFÍAS:

**Figura 21:** Material para el transporte de la muestra



**Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 17 se observa el material de un cubo siendo de material de poliestireno extendido, para realizar el transporte de la muestra del punto de extracción al área donde se realizará el tratamiento.

**Figura 22:** Desarrollo de la parte experimental, rizofiltración.



**Fuente:** Elaboración Propia.

Se desarrollo el tratamiento de rizofiltracion con la utilizando *Myriophyllum aquaticum*.

**Figura 23:** Desarrollo de la parte experimental, rizofiltración con un tiempo de 15 días.



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 24:** Desarrollo de osmosis inversa



**Fuente:** Elaboración Propia.

Se realizó la osmosis inversa después de la técnica de rizofiltración.

**Figura 25:** Análisis realizados en el laboratorio de la UCV.



**Fuente:** Elaboración Propia.

En las figuras 23 se realizaron los análisis realizados, para obtener los resultados finales, se realizaron con un multiparametros, se pueden observar el análisis de pH, conductividad eléctrica y turbidez.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : ZARELA MORJORIE LLACZA QUISPE.

Procedencia de muestras : Efluente Minera – Uchumayo Arequipa.

Recepción de muestras : Lima, 7 de Noviembre del 2018.

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

MUESTRA	Cu (mg/L)
A-1	74.5
A-2	75.1
B-1	72.7
B-2	71.1

Lima, 10 de Noviembre del 2018.



MgC. Atino Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amaru N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

## ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : ZARELA MORJORIE LLACZA QUISPE.

Procedencia de muestras : Efluente Minera – Uchumayo Arequipa.

Recepción de muestras : Lima, 12 de Noviembre del 2018.

## RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestras	Cu (mg/L)
Muestra – 1-A	5.48
Muestra – 1-B	5.36

Lima, 16 de Noviembre del 2018.

MSc. Antio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

### ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA

SOLICITADO POR : ZARELA MORJORIE LLACZA QUISPE.

Procedencia de muestras : Efluente Minera – Uchumayo Arequipa.

Recepción de muestras : Lima, 22 de Noviembre del 2018.

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestras	Cu (mg/L)
Muestra – 2-A	2.27
Muestra – 2-B	1.87

Lima, 26 de Noviembre del 2018.

  
MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

**Ensayo N° 001 – ZLLQ - 2018**  
 LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
 INFORME DE RESULTADOS - MUESTREO DE AGUA

**Dirección:** Uchumayo, Arequipa, Perú  
**Tipo de Ensayos:** Análisis Físicoquímicos  
**Matriz:** Efluente Minero  
**Descripción de la Muestra:** Muestra tomada del tratamiento con Myriophyllum aquaticum  
**Muestra tomada por:** LLacza Quispe, Zarela Marjorie  
**Fecha de ingreso de muestra:** 12/11/2018  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

**Ph**

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PUNTO 1	Muestra	Sur: 8165498.49	2338	--	6.30
		Este: 224673.62			
PUNTO 2	Muestra	Sur: 8165497.11	2337	--	6.30
		Este: 224674.69			

**Temperatura (C°)**

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PUNTO 1	Muestra	Sur: 8165498.49	2338	C°	19.20
		Este: 224673.62			
PUNTO 2	Muestra	Sur: 8165497.11	2337	C°	19.20
		Este: 224674.69			

**Turbidez (NTU)**

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PUNTO 1	Muestra	Sur: 8165498.49	2338	NTU	39.00
		Este: 224673.62			
PUNTO 2	Muestra	Sur: 8165497.11	2337	NTU	39.00
		Este: 224674.69			

**Conductividad (µS/cm)**

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PUNTO 1	Muestra	Sur: 8165498.49	2338	µS/cm	145.40
		Este: 224673.62			
PUNTO 2	Muestra	Sur: 8165497.11	2337	µS/cm	138.80
		Este: 224674.69			

**Metodologías de Análisis:** APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 HB.  
Stándard Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992.  
SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)  
CANCELA A LA NMX-AA-012-1980  
SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. (2012)  
APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B  
APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended  
Solids Dried at 103-105°C.

**Equipo Utilizado:** Multiparametro Hanna edge  
**Código interno:** 6053633



---

Hitler Román Pérez  
TECNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL



---

QFB. Rosalbina de la Cruz Davila

**Ensayo N° 002 – ZLLQ - 2018**  
 LABORATORIO DE QUÍMICA – UCV  
 INFORME DE RESULTADOS - MUESTREO DE AGUA

**Dirección:** Uchumayo, Arequipa, Perú  
**Tipo de Ensayos:** Análisis Físicoquímicos  
**Matriz:** Efluente Minero  
**Descripción de la Muestra:** Muestra tomada del tratamiento con Myriophyllum aquaticum  
**Muestra tomada por:** Llacza Quispe, Zarela Marjorie  
**Fecha de ingreso de muestra:** 22/11/2018  
**Lugar donde se realizó el ensayo:** Laboratorio de Química – UCV.

**Ph**

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PUNTO 1	Muestra	Sur: 8165498.49	2338	--	6.90
		Este: 224673.62			
PUNTO 2	Muestra	Sur: 8165497.11	2337	--	6.90
		Este: 224674.69			

**Temperatura (C°)**

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PUNTO 1	Muestra	Sur: 8165498.49	2338	C°	19.20
		Este: 224673.62			
PUNTO 2	Muestra	Sur: 8165497.11	2337	C°	19.20
		Este: 224674.69			

**Turbidez (NTU)**

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PUNTO 1	Muestra	Sur: 8165498.49	2338	NTU	39.00
		Este: 224673.62			
PUNTO 2	Muestra	Sur: 8165497.11	2337	NTU	39.00
		Este: 224674.69			

**Conductividad (µS/cm)**

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
PUNTO 1	Muestra	Sur: 8165498.49	2338	µS/cm	145.40
		Este: 224673.62			
PUNTO 2	Muestra	Sur: 8165497.11	2337	µS/cm	137.65
		Este: 224674.69			

**Metodologías de Análisis:** APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 HB.  
Stándard Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992.  
SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)  
CANCELA A LA NMX-AA-012-1980  
SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. (2012)  
APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B  
APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.

**Equipo Utilizado:** Multiparametro Hanna edge  
**Código interno:** 6053633



---

Hitler Román Pérez  
TECNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL



---

QFB. Rosalbina de la Cruz Davila

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Jorge Nakayo Jorge  
 I.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento para la toma de datos  
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Marzo Wispe, Zuleta Rogone

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

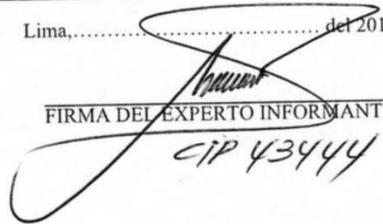
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, ..... del 2018

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP 43444

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Jorge Nakayo Jorge  
 I.2. Cargo e institución donde labora: Instrumento para identificar el diseño  
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: \_\_\_\_\_  
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Marzo Anispe, Xarelto Rogare

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

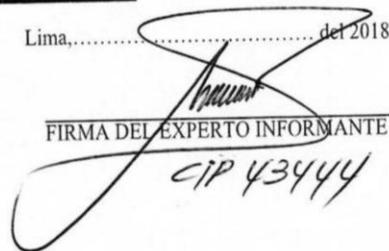
Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, ..... del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

  
CIP 43444

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Ordóñez Gaber, Juan Julio  
 I.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento para la toma de datos  
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Marzo Quispe, Zuleo Rogone

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

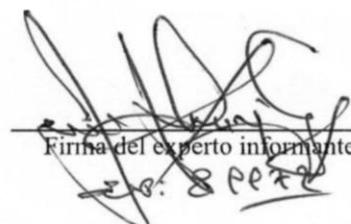
### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

  
 Firma del experto informante  
 Dr. S. P. P. P.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Ordóñez Galvez, Juan Julio  
 I.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento para identificar el diseño  
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Marco Wispe, Zorilo Rogone

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

  
 Firma del experto informante  
 DR. S. P. P.

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Coronel Ramirez Johnny Jeffry  
 I.2. Cargo e institución donde labora: Jeje General - IT Corpa Asociados SAC  
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento para la toma de datos  
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Glacxa Quispe Zareda Mayorie

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, ..... del 2018

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 JOHNNY JEFFRY CORONEL RAMIREZ  
 INGENIERO GEOGRAFO  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 74257



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Coronel Ramirez Johnny Jeffry
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Jeje General - JI Corpac Asociados SAC
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento para identificar el diseño
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Glacxa Quispe Zaida Marjorie

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

85	%
----	---

Lima, ..... del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE



JOHNNY JEFFRY CORONEL RAMIREZ  
INGENIERO GEOGRAFO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 74257



## INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

## I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador Dr. / Mg. Jave Nakayo Jorge  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo  
 1.3. Especialidad del validador: Hidrología  
 1.4. Nombre del instrumento: Instrumento para identificar el diseño  
 1.5. Título de la Investigación: Respalda mediante la Myriophyllum aquaticum y el metodo de O.  
 1.6. Autor del instrumento: Lloza Wispe, Zarela Mayorie

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			
PROMEDIO DE VALIDACIÓN											85			

## PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	/		

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85 IV. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado  
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha:

Firma del experto informante

CIP 43444

**INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador Dr. / Mg. Ordóñez Gaber, Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad del validador: hidrología
- 1.4. Nombre del instrumento: Instrumento para identificar el diseño
- 1.5. Título de la Investigación: Asesores mediante la Microdialisis acuiticum y método de osmosis
- 1.6. Autor del instrumento: Llazo Quispe, Zulea

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

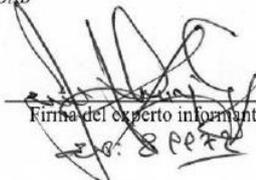
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			
PROMEDIO DE VALIDACIÓN											✓			

**PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO**

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		

- III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85
- IV. OPINION DE APLICABILIDAD
- El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha:

  
Firma del experto informante

**INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador Dr. / Mg. Coronel Ramirez Johnny Jeffri  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Jefe General - J.J. Corpa Asociados SAC  
 1.3. Especialidad del validador: Geografo  
 1.4. Nombre del instrumento: Instrumento para identificar el clima  
 1.5. Título de la Investigación: Pizafiltración mediante la Myriophyllum aquaticum y el metodo de  
 1.6. Autor del instrumento: Alcira Quispe Zarola Marjorie

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			
PROMEDIO DE VALIDACIÓN											85			

**PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO**

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	=====		
	=====		

**III. PROMEDIO DE VALORACIÓN... 85... IV. OPINION DE APLICABILIDAD**

- El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado  
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha:

  
 Firma de Experto Informante  

**INGENIERO GEOGRAFO**  
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 74257

INSTRUMENTO PARA IDENTIFICAR EL DISEÑO

Lugar: Uchumayo - Arequipa  
 Coordenadas: 22°46'4.69"mE / 81°65'49.71"mS  
 Persona encargada: Maza Huyspe, Xarela  
 Fecha: 27 Octubre 2018  
 Hora: 11:37 am

TRATAMIENTO	DIMENSIONES		TIEMPO DE RETENCIÓN DEL EFLUENTE	VOLUMEN		
	UNIDAD					
ESTANQUE PARA RIZOFILTRACION DE MYRIOPHYLLUM AQUATICUM	L	30	25	15	10-15	0.002
ESTANQUE PARA OSMOSIS INVERSA	L	30	25	15	1	0.002

  
 NOMBRE DEL EXPERTO INFORMANTE  
 Grado 305  
 CIP 84892

  
 JOHNNY JEREZA  
 INGENIERO GEOGRAFO

NOMBRE DEL EXPERTO INFORMANTE  
 Grado  
 CIP

  
 NOMBRE DEL EXPERTO INFORMANTE  
 Grado Doctor  
 CIP 43944

**INSTRUMENTO PARA LA TOMA DE DATOS**

Lugar: Uchiraygo - Arequipa  
 Coordenadas: 224674.69 m E / 8165497.11 m S  
 Persona encargada: Flacoza Quispe Zavela  
 Fecha: 22 Noviembre 2018  
 Hora: 4:00 pm

DIMENSIÓN	PARAMETROS	UNIDAD	PREPRUEBA		POSPRUEBA		EFICIENCIA
			Muestra n° 1	Muestra n° 2	Muestra n° 1	Muestra n° 2	
FISICO	Temperatura	°C	20.3	23.4	18.7	18.6	
	Turbidez	UTN	155	142.5	41	41	74.8%
	Conductividad Electrica	S/m	2147	1375	145.4	138.1	93.5%
QUIMICO	pH	Unidad de pH	2.9	2.5	6.6	6.6	
	Concentración de cobre	mg/litro	74.8	71.9	3.35	3.1	97.3%

NOMBRE DEL EXPERTO INFORMANTE

Grado DS  
 CIP 89922

NOMBRE DEL EXPERTO INFORMANTE

Grado  
 CIP

NOMBRE DEL EXPERTO INFORMANTE

Grado DOCTOR  
 CIP 43994

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	JUSTIFICACIÓN	VARIABLES	METODOLOGÍA
GENERALES	GENERALES	GENERALES	<p>En la presente investigación se realizó el tratamiento al principal recurso del ser humano, para ello se propone una metodología para dar solución a la contaminación de agua con cobre, con un tratamiento que depurará el efluente minero con la mayor eficiencia, utilizando <i>Myriophyllum aquaticum</i> en la técnica de rizofiltración y el método osmosis inversa, como objetivo de reducción en su concentración de cobre en el efluente minero.</p> <p>Para los resultados del proyecto de investigación se utilizará la técnica de rizofiltración como tratamiento una alternativa innovadora y amigable con el medio ambiente, ya que cumple con los principios químico y físico y el método activo para la remoción de la concentración de cobre (metal pesado) y la recuperación de materia (fangos naturales) contenidos en las soluciones del efluente minero.</p>	INDEPENDIENTE	<p>El siguiente estudio es de tipo, aplicado o empírico ya que se deseó resolver un problema de la realidad, donde se argumenta el por qué y para que debemos tener la solución, llevando a cabo las teorías generales.</p> <p>Teniendo como propuesta de tratamiento la utilización de dos procesos, el primero es una técnica natural llamada rizofiltración que remueve los metales pesados gracias a la acumulación en el tejido de sus raíces y la utilización del método de osmosis inversa para perfeccionar el tratamiento, estableciendo los parámetros físico químicos en el agua..</p>
<p>¿El uso de la rizofiltración con <i>Myriophyllum aquaticum</i> y la Osmosis inversa reducirán los contaminantes en el efluente minero en la zona de Uchumayo?</p>	<p>Determinar el nivel de reducción de concentración de cobre en el efluente minero mediante la Rizofiltración <i>Myriophyllum aquaticum</i> y la Osmosis inversa, a nivel laboratorio, en la zona de Uchumayo Arequipa.</p>	<p>La rizofiltración con <i>Myriophyllum aquaticum</i> y la Osmosis inversa reduce la concentración de contaminantes en el efluente minero en la zona de Uchumayo.</p>		<p>Uso de la Rizofiltración con <i>Myriophyllum aquaticum</i> y la Osmosis inversa.</p>	
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS		DEPENDIENTE	
<p>¿Cuál será la variación en las características físico-químicas del efluente minero, después de ser tratados con rizofiltración usando <i>Myriophyllum aquaticum</i> y osmosis inversa?</p> <p>¿Cuál será la eficiencia en reducción de la concentración de cobre en los resultados iniciales y finales en el efluente minero, utilizando la rizofiltración con <i>Myriophyllum aquaticum</i> y osmosis inversa?</p>	<p>Determinar la variación de las características físico-químicas del efluente minero luego del uso de rizofiltración <i>Myriophyllum aquaticum</i> y la osmosis inversa.</p> <p>Determinar la eficiencia de reducción de la concentración inicial del cobre y la concentración final de cobre en el efluente minero, luego del uso de rizofiltración <i>Myriophyllum aquaticum</i> y la osmosis inversa.</p>	<p>Las características físicas y químicas se establecen dentro de las normas ambientales, mejorando el efluente minero luego del uso de rizofiltración de <b>Myriophyllum Aquaticum</b> y la osmosis inversa en la zona de Uchumayo.</p> <p>Se reduce la concentración inicial del metal pesado en el efluente minero luego del uso de rizofiltración <i>Myriophyllum aquaticum</i> y la osmosis inversa en la zona de Uchumayo.</p>		<p>La reducción de la concentración de los contaminantes en el efluente minero en la zona de Uchumayo – Arequipa.</p>	

--	--	--	--	--	--

MATRIZ DE CONSISTENCIA