

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

“EFICIENCIA DE LAS CÁSCARAS DE UVA (VITIS VINIFERA) Y MANZANA (MALUS DOMESTICA) PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN DRENAJE ACIDO DE MINA, CERRO DE PASCO - 2019.”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA

GIOVANNA MADELLY TORRE SOLANO

ASESOR

MG. GLADYS ROJAS LEÓN

JURADO

DR. ARGUEDAS MADRID CESAR JORGE

MG. GUILLÉN LEÓN ROGELIA

MG. VASQUEZ ARANDA AHUBER OMAR

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios, que siempre me brindó la fortaleza y salud para seguir adelante y guía cada paso que doy.

A las personas más importantes de mi vida: mis padres Agripina y Gumercindo, quienes son la razón, el motor y la fuerza, mucho de mis logros se los debo a ustedes entre lo que se incluye la presente tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi luz y confidente que guía este camino, por darme la fortaleza para seguir adelante y por presentar personas maravillosas en mi vida.

A mis amados padres Gumercindo y Agripina por la paciencia, comprensión y apoyo incondicional durante el desarrollo de mi tesis, dejándome la mejor herencia de la vida, mi educación y valores que me fueron inculcando.

A mi gran asesora Mg. Gladys Rojas por todo su apoyo incondicional, paciencia, conducción y asesoramiento durante el proceso de investigación que ha permitido el desarrollo de la presente tesis.

Un agradecimiento sincero a mi gran amigo Jairo Maylle, quien me brindó su apoyo incondicional y tiempo para la elaboración de etapa de campo.

Finalmente, a todas las personas que forman parte de mi entorno familiar, amical y profesional y que de alguna manera me apoyaron en el desarrollo de mi tesis.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.1.1. PROBLEMA GENERAL..... | 4 |
| 1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS | 4 |
| 1.2. ANTECEDENTES | 4 |
| 1.3. OBJETIVOS | 9 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 9 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 9 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN | 9 |
| 1.5. HIPÓTESIS | 10 |
| 1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL | 10 |
| 1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS | 11 |
| II. MARCO TEÓRICO | 12 |
| 2.1. CONCEPTOS GENERALES | 12 |
| 2.2. NORMATIVA AMBIENTAL | 13 |
| 2.3. INDUSTRIA MINERA CERRO DE PASCO | 15 |
| 2.3.1. Generalidades: | 15 |
| 2.3.2. Procesos y etapas de la minería | 17 |
| 2.4. DRENAJE ÁCIDO DE MINA (DAM) | 18 |
| 2.4.1. Formación del DAM..... | 18 |
| 2.4.2. Clasificación de los Drenajes Ácidos de Mina..... | 18 |
| 2.4.3. Principales metales contenidos en DAM..... | 19 |
| 2.4.4. Impactos generados por DAM..... | 22 |
| 2.5. UVA (Vitis Vinifera) | 24 |
| 2.5.1. CARACTERÍSTICAS: | 24 |
| 2.5.2. COMPOSICIÓN: | 24 |
| 2.6. MANZANA (Malus Domestica) | 25 |
| 2.6.1. CARACTERÍSTICAS..... | 25 |
| 2.6.2. COMPOSICIÓN: | 26 |
| III. MÉTODO | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 28 |
| 3.2. AMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL | 29 |
| 3.3. VARIABLES | 30 |
| 3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA | 32 |
| 3.5. INSTRUMENTOS..... | 32 |
| 3.6. PROCEDIMIENTO | 33 |
| 3.7. ANÁLISIS DE DATOS | 36 |
| IV. RESULTADOS | 37 |
| 4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO CON CASCARA DE MANZANA | 37 |
| 4.1.1. Remoción de cadmio con cascara de manzana | 37 |
| 4.1.2. Remoción de plomo con cascara de manzana | 41 |
| 4.2. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO CON CASCARA DE UVA | 44 |
| 4.2.1. Remoción de cadmio con cascara de uva..... | 44 |
| 4.2.2. Remoción de plomo con cascara de uva..... | 48 |
| 4.2.3. Prueba de Normalidad | 52 |
| 4.2.4. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para objetivos específicos. | 52 |
| 4.2.5. Determinación de eficiencia..... | 64 |
| V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 69 |
| VI. CONCLUSIONES | 71 |
| VII. RECOMENDACIONES | 73 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:..... | 74 |
| IX. ANEXOS | 78 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA 1: LMP PARA DESCARGAS DE EFLUENTES DE ACTIVIDAD MINERO - METALÚRGICO | 15 |
| TABLA 2: CLASIFICACIÓN DE LOS DRENAJES DE MINA..... | 19 |
| TABLA 3: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR AGUAS ACIDAS DE MINA | 23 |
| TABLA 4: COMPOSICION DE LA UVA (VITIS VINIFERA) CADA 100 G. | 25 |
| TABLA 5: COMPUESTOS FENOLICOS PRESENTES EN LA MANZANA | 26 |
| TABLA 6: VALOR NUTRICIONAL DE LA MANZANA (MALUS DOMESTICA)..... | 27 |
| TABLA 7: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 30 |
| TABLA 8: CARACTERIZACIÓN DEL DAM | 37 |
| TABLA 9: CARACTERISTICAS DE LOS TRATAMIENTOS | 37 |
| TABLA 10: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 1 | 38 |
| TABLA 11: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 2 | 39 |
| TABLA 12: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 3..... | 40 |
| TABLA 13: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 1 | 41 |
| TABLA 14: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 2..... | 42 |
| TABLA 15: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 3..... | 43 |
| TABLA 16: CARACTERISTICAS DE LOS TRATAMIENTOS | 45 |
| TABLA 17: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 1 | 45 |
| TABLA 18: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 2 | 46 |
| TABLA 19: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 3..... | 47 |
| TABLA 20: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 1 | 49 |
| TABLA 21: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA UVA – TIEMPO 2..... | 50 |
| TABLA 22: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 3 | 51 |
| TABLA 23: PRUEBA DE NORMALIDAD | 52 |
| TABLA 24: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 1° OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 53 |
| TABLA 25: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 2° OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 55 |
| TABLA 26: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KLUSKAL-WALLIS 3° OBJETIVO ESPECÍFICO | 56 |
| TABLA 27: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 4° OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 58 |
| TABLA 28: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 5° OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 59 |
| TABLA 29: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 6° OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 61 |
| TABLA 30: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 7° OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 62 |
| TABLA 31: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KLUSKAL-WALLIS 8° OBJETIVO ESPECÍFICO | 63 |
| TABLA 32: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE UVA EN EL TRATAMIENTO DE PLOMO | 65 |
| TABLA 33: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE UVA EN EL TRATAMIENTO DE CADMIO..... | 66 |

TABLA 34: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE MANZANA EN EL TRATAMIENTO DE PLOMO 67
TABLA 35: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE MANZANA EN EL TRATAMIENTO DE CADMIO..... 68

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

| | |
|--|----|
| <i>GRÁFICO 1: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 1</i> | 38 |
| <i>GRÁFICO 2: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 2</i> | 39 |
| <i>GRÁFICO 3: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 3</i> | 40 |
| <i>GRÁFICO 4: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 1</i> | 42 |
| <i>GRÁFICO 5: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 2</i> | 43 |
| <i>GRÁFICO 6: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 3</i> | 44 |
| <i>GRÁFICO 7: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA - TIEMPO 1</i> | 46 |
| <i>GRÁFICO 8: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 2</i> | 47 |
| <i>GRÁFICO 9: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 3</i> | 48 |
| <i>GRÁFICO 10: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 1</i> | 49 |
| <i>GRÁFICO 11: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 2</i> | 50 |
| <i>GRÁFICO 12: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 3</i> | 51 |
| <i>GRÁFICO 13: CONCENTRACIONES FINALES DE PLOMO AL APLICAR LA CASCARA DE UVA 1° OBJETIVO ESPECIFICO</i> | 54 |
| <i>GRÁFICO 14: CONCENTRACIONES FINALES DE CADMIO AL APLICAR LA CASCARA DE UVA 2° OBJETIVO ESPECIFICO</i> | 55 |
| <i>GRÁFICO 15: CONCENTRACIONES FINALES DE PLOMO AL APLICAR LA CASCARA DE MANZANA 3° OBJETIVO ESPECÍFICO</i> | 57 |
| <i>GRÁFICO 16: CONCENTRACIONES FINALES DE CADMIO AL APLICAR LA CASCARA DE MANZANA 4° OBJETIVO ESPECIFICO</i> | 58 |
| <i>GRÁFICO 17: CONCENTRACIONES FINALES DE PLOMO AL APLICAR LA CASCARA DE UVA 5° OBJETIVO ESPECIFICO</i> | 60 |
| <i>GRÁFICO 18: CONCENTRACIONES FINALES DE CADMIO AL APLICAR LA CASCARA DE UVA 6° OBJETIVO ESPECIFICO</i> | 61 |
| <i>GRÁFICO 19: CONCENTRACIONES FINALES DE PLOMO AL APLICAR LA CASCARA DE MANZANA 7° OBJETIVO ESPECIFICO</i> | 63 |
| <i>GRÁFICO 20: CONCENTRACIONES FINALES DE CADMIO AL APLICAR LA CASCARA DE MANZANA 8° OBJETIVO ESPECIFICO</i> | 64 |
| <i>GRÁFICO 21: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE UVA EN EL TRATAMIENTO DE PLOMO</i> | 65 |
| <i>GRÁFICO 22: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE UVA EN EL TRATAMIENTO DE CADMIO</i> | 66 |
| <i>GRÁFICO 23: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE MANZANA EN EL TRATAMIENTO DE PLOMO</i> | 67 |
| <i>GRÁFICO 24: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE MANZANA EN EL TRATAMIENTO DE CADMIO</i> | 68 |

RESUMEN

Actualmente los drenajes ácidos de minas representan un riesgo en la salud poblacional, además de ser una fuente de contaminación en el medio, debido a los metales presentes en este, es así como el presente estudio pretende darle un tratamiento a los DAM, mediante la aplicación de floculantes naturales tales como las cascaras de uva (*Vitis vinífera*) y manzana (*Malus domestica*), con el fin el remover los metales plomo y cadmio presentes.

Se analizó los DAM obteniendo concentraciones altas de los metales (2.85 mg/L de cadmio y 3.52 mg/L de plomo), con respecto a los Límites Máximos Permisibles. Así mismo se planteó tres tratamientos para cada floculante diferenciado por el factor de tiempo, es decir en el primer tratamiento se consideró 15 minutos, en el segundo 30 y en el tercero 60 minutos, dichos tratamientos tuvieron características en común tales como las dosis aplicadas, volumen constante, concentraciones iniciales del metal, pH y temperatura.

Las muestras fueron tratadas mediante el método de jarras, obteniendo por un lado la reducción de cadmio a un valor de 0.031 mg/L, aplicando una dosis de 5g de la cascara de manzana (*Malus domestica*) en un tiempo de 30 minutos, mientras que para el metal plomo la reducción fue a un valor de 0.00 mg/L en un tiempo de 30 minutos y dosis que varía de 1.5, 2 y 2.5 gramos. Del mismo modo al aplicar cascaras de uva (*Vitis vinífera*), en el metal cadmio se obtuvo un valor de 0.44 mg/L utilizando una dosis de 2.5g en 60 minutos, por el contrario, para el metal plomo el valor obtenido fue de 0.00 mg/L con dosis de 0.5, 1, 1.5 y 2 gramos en un tiempo e 30 minutos. Finalmente, el presente estudio concluye que la aplicación de floculantes orgánicos tales como cascaras de uva (*Vitis vinífera*) y manzana (*Malus domestica*), tienen una eficiencia que varía de medio a alta.

PALABRAS CLAVES: Drenaje acido de mina, Manzana, uva, floculante, dosis, eficiencia.

ABSTRACT

Currently, acid mine drains represent a risk in population health, in addition to being a source of pollution in the environment, due to the metals present in this, this is how the present study intends to give a treatment to DAM, through the application of natural flocculants such as grape peels (*Vitis vinifera*) and apple (*Malus domestica*), in order to remove the lead and cadmium metals present.

DAMs were analyzed to obtain high concentrations of metals (2.85 mg / L of cadmium and 3.52 mg / L of lead), with respect to the Maximum Permissible Limits. Likewise, three treatments were proposed for each flocculant differentiated by the time factor, that is, in the first treatment 15 minutes were considered, in the second 30 and in the third 60 minutes, these treatments had characteristics in common such as the applied doses, constant volume, initial metal concentrations, pH and temperature.

The samples were treated by the jug method, obtaining on the one hand the reduction of cadmium to a value of 0.031 mg / L, applying a dose of 5g of the apple peel (*Malus domestica*) in a time of 30 minutes, while for the lead metal the reduction was at a value of 0.00 mg / L in a time of 30 minutes and dose that varies from 1.5, 2 and 2.5 grams. Similarly, when applying grape peels (*Vitis vinifera*), a value of 0.44 mg / L was obtained in the cadmium metal using a dose of 2.5g in 60 minutes, on the contrary for the lead metal the value obtained was 0.00 mg / L with doses of 0.5, 1, 1.5 and 2 grams in a time and 30 minutes. Finally, the present study concludes that the application of organic flocculants such as grape peels (*Vitis vinifera*) and apple (*Malus domestica*), have an efficiency that varies from medium to high.

KEY WORDS: Acid mine drainage, Apple, grape, flocculant, dose, efficiency

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, nuestros recursos naturales vienen siendo amenazados continuamente ya que el amplio panorama de problemáticas ambientales que aquejan al planeta ha ido creciendo a través del tiempo, siendo los principales problemas la generación de residuos sólidos, líquidos y gaseosos ocasionados por diferentes industrias, que al ser descargados al ambiente impactan en dichos recursos.

Una de las industrias considerada como la más contaminante, debido a sus procesos que realiza es “La minería”, la cual por un lado cumple un rol de suma importancia en la economía peruana; Pablo de la Flor, Director Ejecutivo de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE), indica que dicho sector representa más del 10 % del PBI nacional y para el presente año se prevé que será el rubro de gran importancia en el crecimiento económico. Sin embargo, por otro lado este sector minero, es una de las más perjudiciales para el ambiente, ya que contempla el uso de grandes cantidades de agua en sus procesos, y por consecuencia genera los denominados “drenajes ácidos de minas”, los cuales una vez liberados al ambiente significan un riesgo permanente en los recursos naturales y ecosistemas, puesto que su composición contempla altas concentraciones de metales que generan una problemática debido a que no se descomponen fácilmente y degradan el medio donde se sitúan, siendo dos de ellos el plomo y cadmio.

Por un lado, el plomo es un metal altamente rebelde, tal como lo menciona RIMARACHÍN, P., y HUARANGA, F. (2015), si este no tiene un adecuado manejo después de su generación puede llegar a ser una fuente de contaminación difícil y costosa de controlar (p.21). Mientras que cadmio, al igual que el plomo es considerado uno de los metales más peligrosos, puesto que sus consecuencias a su exposición en la salud humana se manifiestan principalmente en los huesos y riñones (PEREZ, P. y AZCONA, M., 2012, p.199).

Ante lo expuesto, el presente trabajo de investigación, tuvo como finalidad plantear una propuesta de solución a través de un estudio experimental, en el cual mediante el uso de las cascaras de uva (*Vitis vinifera*) y manzana (*Malus domestica*), se preparó dos floculante orgánico para remover los metales plomo y cadmio contenidos en los drenaje acido de mina, existentes en la Localidad de Cerro de Pasco, dicha aplicación estuvo dirigida en definir las dosis optima de biosorción de los metales, así mismo determinar la eficiencia de aplicación.

Finalmente la presente investigación, está conformada por nueve (09) capítulos, de los cuales en el primero capítulo se describe la problemática principal, además de plantear los objetivos e hipótesis a desarrollar, por otro lado para en el segundo capítulo se desarrolla las bases teóricas en relación al tema planteado, mientras que en el capítulo tres se plantea la metodología empleada en la presente investigación, del mismo modo para el capítulo cuatro se describe los resultados obtenidos de la experimentación, los mismos que en el capítulo cinco se comparan con los resultados de otras investigaciones, finalmente para el capítulo seis se redactan las conclusiones finales, en el capítulo siete algunas recomendaciones a futuros trabajos y capitulo ocho y nueve las referencias bibliográficas y anexos respectivamente.

1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La industria minera, es uno de los sectores que utiliza mayor cantidad de agua en el desarrollo de sus actividades y consecuentemente genera efluentes con alta carga de contaminantes. Por otro lado, sabemos que los drenajes ácidos de mina, representan uno de los principales contaminantes de las aguas superficiales y subterráneas, tal como lo afirma ADUVIRE, O., (2006); los drenajes son categorizados como tóxico para la salud humana, fauna y vegetación, debido a su bajo pH, el contenido de sólidos en suspensión, sulfato y metales, (p.1). Sabemos que dichos drenajes presentan metales pesados los que están constituidos por aproximadamente 40 elementos, de los cuales nos fijaremos exclusivamente en el estudio de los metales Plomo y Cadmio.

En la localidad de Cerro de Pasco, la minería es una de las principales actividades, y es de este sector que la población se mantiene económicamente, a pesar de los múltiples problemas ambientales y sociales que se generan. Principalmente la presencia de metales de Plomo y Cadmio que representan los compuestos más peligrosos y en sus altas concentraciones puede llegar a generar efectos nocivos y tóxicos, alterando el funcionamiento y composición de los recursos naturales, sistemas bióticos y abióticos. Por otro lado, el problema aún más preocupante es la salud de la población infantil que es la población más vulnerable al estar expuesta a estos compuestos.

Finalmente, el presente trabajo pretende implementar un tratamiento con la aplicación de cascaras de uva (*Vitis vinífera*) y manzana (*Malus domestica*) para la remoción de plomo y cadmio presentes en los drenajes de mina, que se sitúan y descargan en la localidad de Cerro de Pasco.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo será la eficiencia de la cascara de uva (*Vitis vinífera*) y manzana (*Malus domestica*) para la remoción de plomo y cadmio en drenaje ácido de mina, Cerro de Pasco?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la dosis óptima de la cáscara de uva (*Vitis vinífera*) en la biosorción de plomo y cadmio?
- ¿Cuál es la dosis óptima de la cascara de manzana (*Malus domestica*) como floculante orgánico para la biosorción de plomo y cadmio?
- ¿Cuál es la eficiencia de la cascara de uva (*Vitis vinífera*) en la biosorción de plomo y cadmio?
- ¿Cuál es la eficiencia de manzana (*Malus domestica*) en la biosorción de plomo y cadmio?

1.2. ANTECEDENTES

Nacionales

LEDESMA, W. (2018), en su investigación titulada “**PROPUESTA DE TRATAMIENTO DEL DEPÓSITO DE RELAVES DE QUIULACOCHA-PASCO PARA SU REMEDIACIÓN AMBIENTAL, BASADA EN EXPERIENCIAS EXITOSAS EN EMPRESAS MINERA**” tuvo como objetivo determinar en qué medida favorece la propuesta de tratamiento del depósito de relaves de Quiulacocha-Pasco para su remediación ambiental basada en experiencias exitosas en empresas mineras. En la cual plantea dos etapas de tratamiento, en la primera utilizó relaves

secos de 79.38 Ha remediado con encapsulamiento de geomembranas y cobertura de tierra orgánica para revegetar con plantas nativas, la segunda etapa fue realizada cuando el estanque de aguas ácidas estaba seco. La propuesta de tratamiento del DAM, fue éxito ya que se obtuvo resultados satisfactorios y favorece positivamente en su recuperación ambiental, para convertirlos en áreas verdes y ecológicas, mejorando y trayendo consigo beneficios ambientales, de salud, sociales y económicos.

VICENTE, C. (2017), en su trabajo de investigación titulada “**REMOCIÓN DE PLOMO Y ZINC DE LOS EFLUENTES MINEROS PROVENIENTES DE LA UNIDAD MALLAY APLICANDO MICRO-NANOBURBUJAS DE AIRE, 2017**”, tuvo como objetivo remover el plomo y zinc de los efluentes mineros de la Unidad Mallay aplicando micro-nanoburbujas de aire, en el C.P Mallay, en el cual dicho estudio, el autor tomó una muestra de 54 litros de efluentes mineros realizando el tratamiento tres veces, en un periodo de 10, 15 y 20 minutos cada uno. Aplicando micronanoburbujas de aire. Finalmente, que concentración inicial de plomo fue de 51,3 mg/L y después del tratamiento llegó a reducir a un promedio de 1,29 mg/L y en el caso del zinc, que tuvo una concentración inicial de 17,601 mg/L, se logró reducir hasta un promedio de 0,26 mg/L, además el tiempo óptimo de tratamiento fue 15 minutos ya que en ese intervalo de tiempo se tienen las concentraciones más bajas tanto de plomo y zinc.

RAMIREZ, M. (2016), en su trabajo de investigación titulado “**BIOADSORCIÓN EN CADMIO Y MANGANESO CON CÁSCARA DE NARANJA DE LAS AGUAS DE LA LAGUNA COLQUICOCHA**” tuvo como objetivo demostrar la capacidad de bioadsorción de cobre, cadmio y manganeso con cáscara de naranja en las aguas de

la Laguna Colquicocha, provincia de Oyén. El trabajo de investigación se desarrolló utilizando un residuo orgánico, la cascara de naranja, con la cual se desea demostrar la bioadsorción de dichos metales, el agua se mantuvo en condiciones naturales ($\text{pH} = 7,5$ y $T^\circ = 7^\circ\text{C}$.) durante el experimento, se determiné la proporción óptima cascara de naranja y agua de Laguna, el tiempo de contacto teniendo resultados exitosos de reducción del cobre hasta en $0,02 \text{ mg/L}$ que representa el $66,67 \%$ con respecto a la concentración inicial, cadmio hasta en $0,041 \text{ mg/L}$ que representa una reducción de 84% con respecto a la concentración inicial y manganeso hasta en $3,68 \text{ mg/L}$ que representa una reducción de 53.97% con respecto a la concentración inicial; estos resultados demostraron la bioadsorción de la cáscara de naranja la cual puede ser utilizada como un complemento a un método de remediación biológico para acelerar el tiempo de remediación de la Laguna.

ZEVALLLOS, J. (2016), en su investigación titulada ***“ESTABILIZACION DEL DRENAJE ACIDO DE MINA (DAM) DE LA EMPRESA PARAISO PERDIDO APATA”***, tuvo como objetivo Estabilizar el drenaje ácido de mina cuyo valor es de 2 a 4 pH, a un valor de 6.5 de pH para minimizar los daños a los agricultores y ganaderos que desarrollan sus actividades económicas aguas abajo de la empresa minera Paraíso Perdido. Se realizó el análisis de las aguas de minas, en muestras de 1 litro, siguiendo el Protocolo Nacional De Monitoreo De La Calidad De Cuerpos Naturales De Agua Superficial, así mismo se utilizó rocas como un sistema de tratamiento pasivo con la finalidad de determinar la viabilidad de estabilizar los DAM generados. Finalmente se logró estabilizar aguas acidas mediante la construcción de la poza de canal abierto con lecho de caliza, cabe precisar que a pesar

del tratamiento aún se presenta un elevado riesgo de contaminación por el exceso de generación de aguas acidas.

RIMARACHIN, P. y HUARANGA, F. (2015), en su trabajo de investigación titulado ***“TRATAMIENTO DE AGUAS DE EFLUENTES MINERO – METALÚRGICOS UTILIZANDO, MÉTODOS PASIVOS Y ACTIVOS EN SISTEMAS EXPERIMENTALES”***, tuvo como objetivo realizar el tratamiento de las aguas de efluentes mineros-metalúrgicos aplicando métodos activos y pasivos, en el cual los método pasivo se utilizó compost y humus y como material de reacción se usó la técnica de flujo estable propuesta por Smit (1999), mientras que para el método activo se utilizó membrana semipermeable artesanal y se siguió la técnica de la ósmosis inversa. El análisis cuantitativo de los metales pesados Cu, Zn, As, Pb, Cd y Hg, se realizó utilizando el espectrofotómetro. Finalmente se obtuvo que por el sistema compost y humus encontramos remoción de Cu, As, Cd y Hg superiores al 97 %, Zn para el humus con 85.67 % y Pb para compost con 95.66 %. En el sistema de membrana semipermeable artesanales, Pb, As y Zn fueron retenidos en niveles superiores al 99 % y otros como el Hg y Cd fueron retenidos totalmente; en este caso el metal con menor capacidad de retención fue el Cu con valores de 98.83 % para la membrana del humus y 99.55 % para la membrana del compost. Concluyendo así que el humus y compost tienen una elevada capacidad de remoción de metales; y al juntarlo con la membrana semipermeable, maximiza aún más los resultados esperados.

Internacionales

ALVAREZ, R. (2009), en su investigación titulada ***“CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS DE LA PRESA FRANCISCO ZARCO EN EL ESTADO***

DE DURANGO”, donde tuvo como objetivo principal, evaluar el grado de contaminación del agua de la presa Francisco Zarco en el estado de Durango, determinando la concentración de los siguientes metales: plomo, cadmio, zinc, arsénico y nitratos, de los cuales se obtuvo diferentes resultados en las muestras recolectadas en diferentes estaciones del año. Finalmente, de los análisis realizados se obtuvo que los elementos de plomo se encontró valores que varían de 0.025 a 2.24 ppm (LMP 0.025ppm) y cadmio con valores de 0.012 a 0.027 ppm (LMP 0.005ppm), ambos metales se encuentran arriba del límite permitido, los cuales representan un riesgo ambiental y para la salud pública de la localidad.

VIZCAÍNO, L., FUENTES, N., (2015), en su investigación titulada **“BIOSORCIÓN DE CD, PB Y ZN POR BIOMASA PRETARTADA DE ALGAS”** tuvo como objeto la concentración a partir del diseño de un sistema para evaluar la remoción empleando biomasa de algas rojas, cáscaras de naranja (*Citrus sp.*) y tuna guajira (*Opuntia sp.*). Se estudió la influencia del pretratamiento y el empaquetamiento mediante ensayos tipo batch, en los que se emplearon soluciones de sodio y calcio. Se obtuvo como resultado una mayor capacidad de sorción de las algas modificadas con NaOH 0.1 N y de la naranja y la tuna con modificación sucesiva con NaOH y CaCl₂ 0.2 M, y una afección poco significativa ($\leq 1\%$) del proceso de sorción al empacar la biomasa en placas planas de tul poliéster. La eficiencia de remoción se determinó mediante un reactor de flujo continuo de columna fija con un volumen líquido de 400 mL, 75 g de biomasa y tiempos de retención promedio de 1 y 2 h. Los resultados mostraron una eficiencia similar de las tres biomazas para remover Cd y Pb, con promedios superiores al 95%, mientras que el Zn se removió con mejor eficiencia (62%) al emplear tuna modificada como

sorbente. Finalmente, el material se calcinó a 700 °C con lo que se obtuvo una ceniza estable frente a soluciones ácidas, lo cual garantiza la captura de los metales removidos rojas, cáscara de naranja y tuna.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de cascaras de uva (*Vitis vinífera*) y manzana (*Malus domestica*) para la remoción de plomo y cadmio en drenaje ácido de mina, Cerro de Pasco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar la dosis óptima de la cáscara de uva (*Vitis vinífera*) en la biosorción de plomo y cadmio.
- ✓ Determinar la dosis óptima de la cascara de manzana (*Malus domestica*) como floculante orgánico para la biosorción de plomo y cadmio.
- ✓ Determinar la eficiencia de la cascara de uva (*Vitis vinífera*) en la biosorción de plomo y cadmio.
- ✓ Determinar la eficiencia de manzana (*Malus domestica*) en la biosorción de plomo y cadmio.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el desarrollo de la industria minera se ha posicionado como una de las más importantes para la economía, pero a su vez presenta un riesgo en la estabilidad

ambiental de los recursos naturales y deteriorando del medio y a su vez impacta en la salud poblacional expuesta a los drenajes ácidos de minas.

Es por lo cual con el presente estudio se pretende plantear una metodología enfocada en el tratamiento de los drenajes ácidos de minas, mediante el uso de cascaras de uva (*Vitis vinífera*) y manzana (*Malus domestica*), los cuales presentan características que inciden en la remoción de los metales plomo y cadmio.

Por un lado, en términos ambientales, esta nueva alternativa mantiene un enfoque ecológico, puesto que teniendo en cuenta que actualmente muchos de los tratamientos propuestos tienen una visión de consumismo dejando secuelas de residuos, queremos minimizar en la generación de residuos y por el contrario reutilizar la materia disponible. Del mismo modo esta investigación podrá aportar nuevos conocimientos a las industrias ya que su implementación es factible económicamente y accesible en todo momento.

Finalmente, el objetivo del presente estudio, es disminuir el valor de concentración de los metales presentes en los drenajes ácidos de minas y conseguir que estos cumplan los Límites Máximos permisibles (LMP), dispuestos en la legislación peruana, antes de su vertimiento al ambiente, y de tal modo evitar sus impactos tanto en la población como en los recursos naturales expuestos.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

La cáscara de uva (*Vitis vinífera*) y manzana (*Malus domestica*) son eficientes para la remoción de plomo y cadmio presentes en los drenajes ácidos de mina, Cerro de Pasco.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- ✓ La dosis optima de la cáscara de uva (*Vitis vinífera*) es de 2gr para la biosorción de plomo y cadmio.
- ✓ La dosis óptima de la cascara de manzana (*Malus domestica*) es de 1 gr para la biosorción de plomo y cadmio.
- ✓ La cascara de uva (*Vitis vinífera*) tiene una eficiencia media en la biosorción de plomo y cadmio.
- ✓ La manzana (*Malus domestica*) tiene una eficiencia alta en la biosorción de plomo y cadmio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS GENERALES

- **Cadmio.** (Cd), es uno de los elementos químicos ubicado en el grupo II B de la tabla periódica, su forma de metal puro es color blanco brillante, dúctil, maleable y anticorrosivo. Este compuesto se encuentra de forma natural en la corteza terrestre con una densidad de 8.642 g/cm^3 . (RARAZ, E., 2015, p.11).
- **Drenaje Ácido de Mina (DAM).** Refiere a la solución producto de la oxidación de los minerales de sulfuros (pirita, pirrotita y marcasita), dicho proceso surge cuando los minerales están expuestos al aire y agua, además una de las características principales de los drenajes es tener el pH entre 2 y 4. (TUIRO, M., 2010, p.46).
- **Eficiencia.** Refiere al grado o porcentaje en el que se cumplen los objetivos de una iniciativa. (MARIE, K., 2001, p.5).
- **Estándares de Calidad Ambiental (ECA).** Son las medidas o indicadores de calidad ambiental que establecen el nivel de concentración de un elemento, sustancia o parámetro en un cuerpo receptor (agua, aire o suelo). Dicha concentración no debe presentar riesgo significativo para la salud del ser humano o el ambiente (Ley N° 28611).
- **Floculación.** Es el proceso mediante el cual las partículas de un medio se desestabilizan para formar y aglomerar otras partículas más grandes y estables. (AGUILAR, M., 2002, p.35).

- **Límite Máximo Permisible (LMP).** Es la medida de concentración o grado del elemento, sustancia o parámetro que caracteriza al efluente líquido de las actividades minero-metalúrgicas, dichos valores al ser excedidos pueden causar daños en la salud y bienestar humano además del ambiente (D.S. 010-2010-MINAM, p.2).
- **Metales pesados.** Son aquellos elementos químicos con alta densidad, masa y peso atómico, se encuentran presentes en la corteza terrestre, tienen una función esencial en los organismos, ya que actúa en sus funciones bioquímicas y fisiológicas, pero en elevadas concentraciones pueden actuar como sustancia tóxica causando daños nocivos en algunas especies. (LONDOÑO, L., LONDOÑO, P. y MUÑOZ, F., 2016, p.147).
- **Plomo:** De acuerdo a la Real Academia Española (RAE), el plomo (Pb), es un elemento químico escaso en la corteza terrestre, tiene el número atómico 82, es color gris azulado, dúctil, pesado, maleable, resistente a la corrosión y muy blando, funde a bajas temperaturas y da lugar a intoxicaciones peculiares.
- **Remoción.** Hace referencia a la acción de quitar, borrar, eliminar o remover, parte de la concentración de un contaminante o sustancias, a través de un medio o especie definida como absolvedor. El porcentaje de remoción es determinado por las concentraciones iniciales y finales. (BAZÁN, T. y ROJAS, D., 2018, p.25).

2.2. NORMATIVA AMBIENTAL

- Ley N° 28611. “Ley General del Ambiente”, en el cual mediante el artículo I, se establece que:

“Toda persona tiene derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y debe contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país”

- D.S. N° 004-2017-MINAM “Estándares de Calidad Ambiental para Agua”, en el cual se define:

“Los ECA son indicadores de calidad ambiental, en los cuales se mide las concentraciones de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente.”

- Ley N° 29338 “Ley de Recursos Hídricos”, aprobado por D.S. N° 001-2010-AG, donde a través del artículo N° 131, se define que:

“La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento de aguas residuales tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambientales y de Salud sobre el cumplimiento de los Estandartes de Calidad Ambiental (ECA-agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP) [...]”

- D.S. 010-2010-MINAM “Límites Máximos Permisibles para Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas, en la cual se establece valores como límites permisibles para las descargas de la actividad minero – metalúrgico siendo estos los siguientes:

TABLA 1: LMP PARA DESCARGAS DE EFLUENTES DE ACTIVIDAD MINERO - METALÚRGICO

| PARÁMETRO | UNID | LÍMITE EN CUALQUIER MOMENTO | LÍMITE PARA EL PROMEDIO ANUAL |
|--------------------------------|------|-----------------------------|-------------------------------|
| pH | - | 6 – 9 | 6 – 9 |
| Sólidos Totales en Suspensión. | mg/L | 50 | 25 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 20 | 16 |
| Cloruro Total | mg/L | 1 | 0.8 |
| Arsénico Total | mg/L | 0.1 | 0.08 |
| Cadmio Total | mg/L | 0.05 | 0.04 |
| Cromo Hexavalente | mg/L | 0.1 | 0.08 |
| Cobre Total | mg/L | 0.5 | 0.4 |
| Hierro (Disuelto) | mg/L | 2 | 1.6 |
| Plomo Total | mg/L | 0.2 | 0.16 |
| Mercurio Total | mg/L | 0.002 | 0.0016 |
| Zinc Total | mg/L | 1.5 | 1.2 |

2.3. INDUSTRIA MINERA CERRO DE PASCO

2.3.1. Generalidades:

La locación de Cerro de Pasco, está situada a 323 kilómetros de la ciudad de Lima, a una altura de 4338 m.s.n.m, por lo cual pertenece a los pisos ecológicos quechua, Suni y Jalca. Tiene una extensión de 8538 km² y abarca una superficie de 6,66 km² con una densidad poblacional de 4458,56 hab. /km².

Presenta un tipo de suelo de característica de montañas, glaciares, quebradas, llanuras intra montañosas y otras formas de orogenias, lo que hace que su relieve sea muy accidentado.

Está conformado por una serie de localidades San Juan Pampa, Uliachín, La Esperanza, Bellavista, Ayapoto, Champamarca, Buenos Aires, Rail Way, La Docena, Matadería, Moquegua, Patarcocha, según lo dispuesto por el D.L. 18863, Reglamento y Normas Complementarias, a estos se suman también nuevos asentamientos o pueblos jóvenes como: Túpac Amaru, Uliachín, Columna Pasco, Víctor Arias Vicuña, Córdova Sinche, Tahuantinsuyo, Miguel Bravo Quispe, 27 de noviembre, Víctor Raúl Haya De la Torre, Gerardo Patiño; de las asociaciones: Servidores del Hospital Carrión, del Ministerio de Agricultura, de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Techo Propio, etc. Cabe agregar que dicha ciudad es considerada como ciudad minera serrana, cuyo subsuelo es uno de los más ricos en minerales del mundo. (PALACIOS, E., 2017).

El área de estudio donde se tomaron las muestras se encuentra ubicada en la laguna de Quiulacocha, en la Comunidad Campesina de Quiulacocha, en el distrito de Simón Bolívar, región Pasco, los cuales por su cercanía a los trabajos de explotación minera y arrojo de relaves y desperdicios mineros, se encuentran expuestos a la contaminación con metales pesados y convertida en un depósito de relaves mineros.

Finalmente se adjunta el Mapa de Localización del área de estudio (Anexo N° 2 – Mapa de Localización).

2.3.2. Procesos y etapas de la minería

Extracción: Refiere a la acción de extraer el mineral desde el lugar de origen (mina), hasta la planta de procesos. Se puede dar mediante dos formas ya sea extracción a tajo abierto o subterráneo.

Procesamiento: es la actividad de reducir o minimizar el tamaño, a través de metodologías físicas con el objetivo de liberar partículas metálicas de la roca. El tipo de procesamiento dependerá de las características del mineral.

Fundición: Consiste en separar los metales contenidos en los concentrados. Por un proceso pirometalúrgico (con altas temperaturas que funde el concentrado, transformándolo de sólido a líquido)

Refinación: En esta etapa final se tiene como meta la purificación de los metales, para ser llevados a un proceso industrial o transformación final.

2.4. DRENAJE ÁCIDO DE MINA (DAM)

Los drenajes ácidos de minas, refiere al efluente descargada después del proceso de explotación de la mina, en la cual dicha agua presenta características distintas a las originales. Para VILLANUEVA, R. y SÁNCHEZ, F. (2013), los drenajes representan un daño en distintos grados tanto para el hombre, la fauna y flora (p.30).

2.4.1. Formación del DAM

Los DAM, son producto de la oxidación de los sulfuros o minerales que contienen azufre, a través de la exposición al aire y agua de dichos sulfuros, donde grandes cantidades de H⁺ son liberados y ocasionando que las aguas tengan pH bajo.

Sulfuro mineral + oxígeno + agua = sulfato + acidez + metal

Por otro lado, el agua acida empieza a moverse en conjunto con los metales (AL, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn), liberados de la oxidación, los cuales se vuelven más solubles en agua con pH bajo. (PULCHA, J. & VALENCIA, M., 2019, p.18).

2.4.2. Clasificación de los Drenajes Ácidos de Mina

En la clasificación de los drenajes ácidos de minas, encontramos que estos se dividen de acuerdo al grado de pH que presenta, definiendo así 4 tipos, descritos en el siguiente cuadro.

Tabla 2: CLASIFICACIÓN DE LOS DRENAJES DE MINA

| TIPO | pH | DESCRIPCIÓN |
|-------------|-------------|--|
| Ácido | < 6 | <p>Acidez generada por oxidación de minerales, particularmente de sulfuros.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Nivel de metales disueltos es mayor que en drenajes casi neutros. – Asociado a minas metálicas, carbón y piritas. |
| Alcalino | >9 o 10 | <ul style="list-style-type: none"> – Alta alcalinidad generada por disolución de minerales básicos, particularmente óxidos, hidróxidos y algunos silicatos. – Niveles de algunos metales como el Al son mayores que en los drenajes casi neutros. – Asociado con minería de diamantes, molienda de bauxita, cenizas de combustión de carbón |
| Casi Neutro | 6 - 9 o 10 | <ul style="list-style-type: none"> – Dependiendo de la abundancia de los minerales, en determinados períodos pueden ser ácidos o alcalinos. – Concentración de metales disueltos algunas veces puede exceder niveles tóxicos. |
| Otros | Irrelevante | <ul style="list-style-type: none"> – Puede afectar la concentración de metales. – Asociado a minería no metálica como: potasa, sales, boratos, bentonitas, gravas, arcillas, etc. |

Fuente: Citado por Villanueva, R. Y Sánchez, F. (2013)

2.4.3. Principales metales contenidos en DAM

- A) **Plomo:** es uno de los metales poco abundante pero más tóxico, que en conjunto con el plomo y el mercurio forman el denominado “Big Three” de los metales pesados (HEREDIA, M., 2015, p.43). Así mismo la OMS

consideró al plomo como uno de los diez productos químicos más tóxicos que llega a generar consecuencias graves en la salud humana.

➤ **Efecto en la Salud Humana:**

Este metal en grandes cantidades de exposición, principalmente influye en el desarrollo neurológico, que puede causar crecimiento retardado, problemas digestivos, convulsiones, colapsos e incluso la muerte (ALVAREZ, R. 2009, p.14). Por otro lado la exposición en pequeñas cantidades, especialmente niños, causa a largo daños irreversibles en el sistema neurológico.

➤ **Efectos en el Medio Ambiente:**

Sabemos que en condiciones normales el Plomo no reacciona en el agua, sin embargo cuando este metal mantiene contacto con aire húmedo la reactividad con el agua aumenta. Este metal ocasiona alteración en las actividades fisiológicas de las plantas evitando la germinación de las semillas y retraso en el crecimiento de la planta. Por otro lado el Plomo influye en el desarrollo de la actividad enzimática, la nutrición mineral, el potencial hídrico, el estatus hormonal, la estructura de la membrana y el transporte de electrones. (GAMARRA, F., 2014, p. 27).

B) Cadmio:

➤ **Efecto en la Salud Humana:**

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, el Cadmio tiene efectos tóxicos en la salud humana ya que afecta a los

riñones, sistema óseo y respiratorio, así mismo es un compuesto considerado como cancerígeno para el ser humano, Por otro lado, ÁLVAREZ R., (2019) afirma que el cuerpo humano no necesita de este compuesto en ninguna forma, ya que tanto en dosis mínimas como máximas es dañino para el ser humano, dicho metal es toxico ya que impacta principalmente en el aparato digestivo, riñones y huesos. (p.21). Así mismo produce enfermedades como osteoporosis, enfisema pulmonar, cáncer de próstata, pulmón, hipertensión. E incluso retrasos en el crecimiento de los niños.

➤ **Efectos en el Medio Ambiente:**

El Cadmio es un metal fácilmente adsorbido por la materia orgánica del suelo, agua u otro recurso que al puede llegar hacer extremadamente peligroso, produciendo efectos en la salud humana como: Bronquitis, enfisema; nefrotoxicidad; infertilidad; cáncer de próstata; alteraciones neurológicas; hipertensión; enfermedades vasculares.

C) Exposición y vías de entrada:

La población expuesta está en contacto con este compuesto a través de la contaminación del aire, agua, suelo y alimentos. Debido a las actividades antropogénicas como la minería, uso de fertilizantes, los cuales conducen al uso y generación de cadmio, plomo u otro metal. (SANCHEZ, G., 2016, p.11).

Así mismo el tener contacto físico con este metal, es una de las vías de exposición, siendo un tiempo prolongado de contacto.

2.4.4. Impactos generados por DAM

Los Drenajes Ácidos de Minas, son determinantes en la afectación del entorno físico del ambiente, puesto que los metales que lo componen son el principal contaminante en los recursos hídricos, suelo, aire y plantas además de la salud pública expuesta a dichos DAM.

En el siguiente cuadro se muestra los principales impactos ambientales que genera dichos drenajes.

Tabla 3: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR AGUAS ACIDAS DE MINA

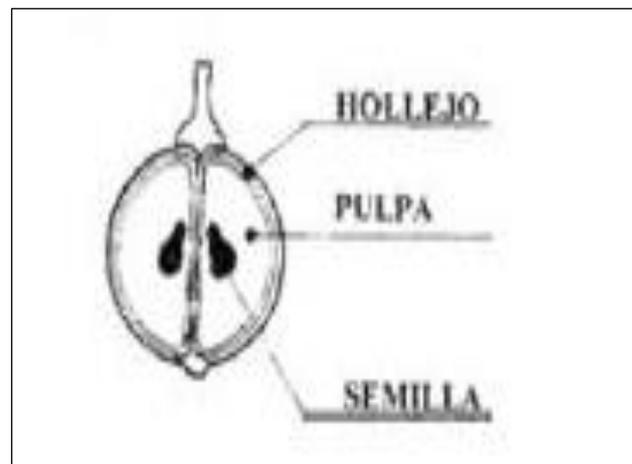
| Propiedad | Especies químicas | Concentración (rangos en solución) | Impacto ambiental |
|---|--|------------------------------------|---|
| Acidez | H ⁺ | pH < 4.5 | Pérdida de bicarbonato para los organismos fotosintéticos; degradación y muerte de animales y plantas; reducción en la calidad del agua potable; movilización de iones metálicos; corrosión de estructuras hechas por el hombre. |
| Precipitación de hierro | Fe ³⁺ , Fe ²⁺ , Fe(OH) ₃ (S) | 100 a 1000 mg/l | Decoloración y turbidez en la recepción de agua a medida que aumenta el pH y las sales férricas precipitan, asfixia de los organismos bentónicos y la obstrucción de branquias de los peces, reducción de la luz que penetra en la columna de agua, incrustación de fierro en las estructuras hechas por el hombre. |
| Metales Pesados y metaloides disueltos. | Cu, Pb, Zn, Cd, Co, Ni, Hg, As, Sb | 0.01 a 1000 mg/l | Degradación y muerte de animales y plantas, bioacumulación, reducción en la calidad de agua potable, contaminación de sólidos y sedimentos. |
| SDT | Ca, Mg, K, Na, Fe, Al, Si, Mn, | 100 a más de 10000 mg/l | Reducción de la calidad del agua potable, reducción en la calidad de agua en reserva, incrustación de SDT en las estructuras hechas por el hombre en forma de sal. Contaminación de sólidos y sedimentos. |

2.5. UVA (*Vitis Vinifera*).

2.5.1. CARACTERÍSTICAS:

La *Vitis Vinifera*, más conocida como vid, pertenece a la familia *Vitaceae*. Tiene la característica principal que su tronco puede crecer hasta 35 m de longitud, su fruto mide entre 6-22 mm de largo, su forma es circular ovalada, la piel está adherida a su pulpa, su color puede variar de amarillo o verde, rojo o morado, dependiendo de la variedad cultivada, así mismo cada fruto posee entre 2 a 4 semillas, presenta hojas circulares u ovals, delgadas de color verde apagado en la cara superior y gris tormentoso en la cara inferior, sus flores son numerosas y se agrupan en racimos. (CHAVES, D y TERRANOVA, S., 2016, p.21).

Ilustración 1: PARTES DE LA UVA (VITIS VINIFERA)



FUENTE: PROVITAL GROUP NAUTALEFFICACY, 2013.

2.5.2. COMPOSICIÓN:

La composición del fruto de la uva varía de acuerdo a la procedencia y tipo. En la siguiente tabla se muestra los componentes y cantidades aproximadas de 100g de uva.

Tabla 4: COMPOSICION DE LA UVA (VITIS VINIFERA) CADA 100 G.

| COMPONENTES | CRUDA | UVA CON SEMILLA | MOSTRO |
|-----------------------|---------|-----------------|---------|
| Agua | 80,5 g | 16,57 g | 85 g |
| Energía | 71 Kcal | 296 Kcal | 40 Kcal |
| Proteína | 0,66 g | 2,52 g | 2,5 g |
| Hidratos de Carbonato | 177 g | 78,47 g | 8 g |
| Potasio | 185 mg | 825 mg | 110 mg |
| Sodio | 2 mg | 28 mg | 110 mg |
| Fosforo | 13 mg | 75 mg | 10 mg |
| Calcio | 11 mg | 28 mg | 10 mg |
| Magnesio | 3 mg | 30 mg | 12 mg |
| Hierro | 0,26 mg | 2,59 mg | 0,3 mg |
| Zinc | 0,05 mg | 0,18 mg | 0,05 mg |
| Vitamina C | 108 mg | 5,4 mg | 5,4 mg |

Fuente: Provital Group, Nautal efficacy. 2013

2.6. MANZANA (*Malus Domestica*)

2.6.1. CARACTERÍSTICAS

El manzano requiere de ciertas características para su crecimiento, tales como clima frío, (T° inferior a 10°C), alcanza una altura mínima de 10 m, tiene un promedio de vida de 60 a 80 años, sus hojas son de forma ovalada y color verde claro.

Por otro lado, el fruto de la manzana proveniente de la familia *Rasaceae*, es de estructura firme, carnosa y difiere en color, tamaño y sabor, presenta porcentaje de humedad entre 90 y 95%. (HERNANDEZ, J., 2015, pp. 20-28)

2.6.2. COMPOSICIÓN:

El principal componente de la manzana (*Malus Domestica*), son los fenólicos, tales como flavonoles, antocianinas, ácidos fenólicos y dihidrochalconas. En la siguiente tabla se detalla los compuestos fenólicos más representativos presentes en el fruto.

Tabla 5: COMPUESTOS FENOLICOS PRESENTES EN LA MANZANA

| GRUPO | EJEMPLOS | ESTRUCTURA |
|---------------------|--|-------------------------|
| Ácido hidrocínamico | Ácido clorogénico | Ácido clorogénico |
| Flavonoles | Catequina Epicatequina Procianidina B2 y otras | Epicatequina |
| Flavonoles | Q-3-galactósido Q-3-glucósido Q-3-xilosido Q-3-arabinósido Q-3-ramnosido | Q-3-galactósido |
| Dehidrochalconas | Floridizina | Floridizina |
| Antocianina | Cianidina 3-galactósido | Cianidina 3-galactósido |

Fuente: Khanizadeh et al., 2014.

Tabla 6: VALOR NUTRICIONAL DE LA MANZANA (*Malus Domestica*)

| SUBSUSTANCIA | CANTIDAD | SUBSUSTANCIA | CANTIDAD |
|------------------------|----------|--------------------|------------|
| Agua (g) | 84 | Ácido málico (mg) | 270 – 1020 |
| Proteínas (g) | 0.3 | Ácido cítrico (mg) | 0 – 30 |
| Lípidos (g) | 0.6 | Ácido oxálico (mg) | 1.5 |
| Carbohidratos (g) | 15 | Sodio (mg) | 1 |
| Calorías (kcal) | 58 | Potasio (mg) | 116 |
| Vitamina A (U.I.) | 90 | Calcio (mg) | 7 |
| Vitamina B1 (mg) | 0.04 | Magnesio (mg) | 5 |
| Vitamina B2 (mg) | 0.02 | Manganeso (mg) | 0.07 |
| Vitamina B6 (mg) | 0.03 | Hierro (mg) | 0.3 |
| Ácido nicótico (mg) | 0.1 | Cobre (mg) | 0.08 |
| Ácido pantoténico (mg) | 0.1 | Fosforo (mg) | 10 |
| Vitamina C (mg) | 5 | Azufre (mg) | 5 |
| | | Cloro (mg) | 4 |

Fuente: INFOAGRO, 2014

III. MÉTODO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se aplicará un tipo de investigación de acuerdo a: El fin que se persigue (APLICADA), el tipo y nivel de conocimiento que se obtiene (TÉCNICA), y al tipo de diseño metodológico (EXPERIMENTAL), puesto que se manipuló intencionalmente una de las variables, es decir la variable independiente [Manzana (*Malus Domestica*) y Uva (*Vitis Vinífera*)], para lograr un objetivo sobre la variable dependiente [Remoción de plomo y cadmio]. Por otro lado, la metodología experimental permitió obtener mediante mediciones y cálculos, valores numéricos con los cuales se tuvo una conclusión específica.

El diseño de la investigación es pre-experimental, puesto que se evaluara la variable dependiente (DRENAJE ÁCIDO DE MINA), para luego llevar a cabo la aplicación de la técnica (Manzana (*Malus Domestica*) y Uva (*Vitis Vinífera*)) y finalmente la evaluación de la variable dependiente. Tal como se lo representa en la siguiente ecuación.

$$G : O_1 - X - O_2$$

Dónde:

- ✦ O_1 : Resultados de análisis inicial del DAM.
- ✦ X : Aplicación del tratamiento Manzana (*Malus Domestica*) y Uva (*Vitis Vinífera*).
- ✦ O_2 : Resultados de análisis final del DAM.

3.2. AMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL

TEMPORAL: la presente investigación se desarrollará a partida el mes de marzo a octubre del año 2019.

ESPACIAL: La investigación será aplicada y procesada con la información obtenida en campo, de la localidad de Cerro de Pasco.

3.3. VARIABLES

Tabla 7: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | UNID. | INSTRUMENTO |
|--|--|---|---------------------------------|-------------|-------|--------------------|
| V.I Manzana (<i>Malus Domestica</i>) y Uva (<i>Vitis Vinifera</i>) | Manzana (<i>Malus Domestica</i>), proveniente de la familia Rasaceae, es de estructura firme, carnosa y difiere en color, tamaño y sabor, presenta porcentaje de humedad entre 90 y 95%. (HERNANDEZ, J., 2015, pp. 20-28) | Se recolectará la cáscara de Manzana (<i>Malus Domestica</i>), luego pasará por un pretratamiento de lavado para retirar las impurezas y secado, seguidamente será triturada. | Características del tratamiento | Dosis | gr | CADENA DE CUSTODIA |
| | | | | Tiempo | seg | |
| | | | | Volumen | Litro | |
| | pH | - | | | | |
| | Temperatura | °C | | | | |
| | Agitación | rpm | | | | |
| | Uva (<i>Vitis Vinifera</i>), más conocida como vid, pertenece a la familia Vitaceae. Tiene la característica principal que su tronco puede crecer hasta 35 m de longitud, su fruto mide entre 6-22 mm de largo, su forma es circular ovalada, la piel está adherida a su pulpa, su color puede variar de amarillo o verde, rojo o morado. (CHAVES, D y TERRANOVA, S., 2016, p.21). | Se recolectará la cáscara de Uva (<i>Vitis Vinifera</i>), luego pasará por un pretratamiento de lavado para retirar las impurezas y secado, seguidamente será triturada | | | | |

| VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | UNID. | INSTRUMENTO |
|---|--|--|-------------|-----------------------|-------|-------------|
| V.D Remoción de Plomo y Cadmio en Drenaje Ácido de Mina | Es la acción de remover o disminuir la concentración inicial de un metal o elemento contenido en un medio. Dicha remoción puede deberse a alguna especie la cual utiliza el método de absorción, acumulación del contaminante a través de la misma. (BAZÁN, T. y ROJAS, D., 2018, p.25). | Se tomará 5, 10 y 15 g de biosorbente y se le agregara a 3 vasos de precipitados de capacidad de 1 L que contiene el DAM, se mantendrá al mismo pH de muestreo. Las muestras se colocarán en un floculador programable durante 60, 120 y 180 minutos a 200 rpm. Después se filtrarán las muestras, para su análisis final. | Eficiencia | Remoción | % | |
| | | | | Concentración Inicial | mg/l | |
| | | | | Concentración Final | mg/l | |

Fuente: Elaboración propia

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

- **Población:** La población considerada es los Drenajes Ácidos de Mina, presentes en la locación de Cerro de Pasco, 2019.
- **Muestra:** Se tomó como muestra 60 litros del Drenaje Ácido de Mina de la laguna Quiulacocha.

3.5. INSTRUMENTOS

- **Observacional:** Dicha técnica consiste en identificar y ubicar los lugares donde se generen mayor cantidad de Drenaje Ácido de Mina, en la locación de Cerro de Pasco.
- **Cadena de Custodia.** Se elaboró un cuadro estadístico donde se reporte los valores y características de los metales pesados durante el análisis.

3.6. PROCEDIMIENTO

A. RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:

Mediante la visita en el área donde se encuentran los Drenajes Ácidos de Mina en la localidad de Cerro de Pasco, se recolecto las muestras necesarias para la investigación, siguiendo el Protocolo Nacional De Monitoreo De La Calidad De Cuerpos Naturales De Agua Superficial, cuya cantidad aproximada fue de 60 litros.

B. ANÁLISIS DE PÁRAMETROS

Una vez obtenidas las muestras recolectadas, fueron llevadas al laboratorio con el fin de analizar los parámetros más importantes tales como: Temperatura (°C), pH, y concentración de plomo y cadmio, los resultados de dicho análisis se muestran en la Tabla 7 de resultados, además dichos resultados obtenidos fueron comparados con los valores especificados en el D.S. 010-2010-MINAM “Límites Máximos Permisibles para Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas).”

C. PREPARACIÓN DEL FLOCULANTE NATURAL

Para la preparación del floculante se recolecto las cascaras de uva (*Vitis vinífera*) y manzana (*Malus domestica*), las cuales fueron lavadas con abundante agua de tal forma que se eliminen las impurezas presentes. Seguidamente se procede a pesar para acondicionarlas en papel aluminio y pasen al proceso de secado mediante una estufa en temperatura de 70°C en un tiempo de 24 horas, finalmente se peso nuevamente con el objeto de determinar el porcentaje de humedad

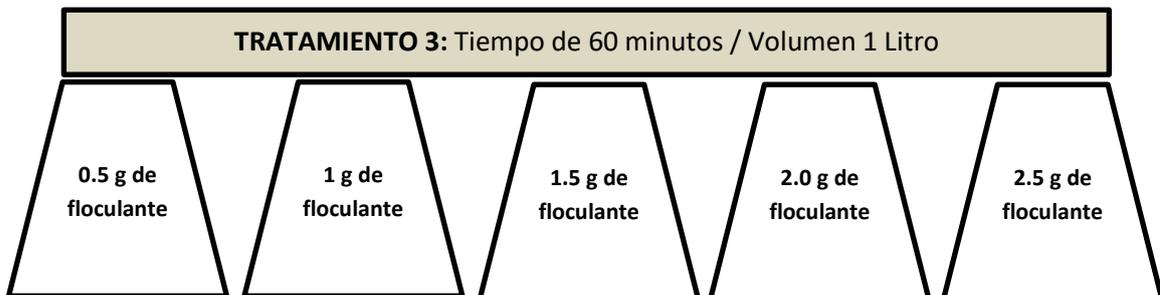
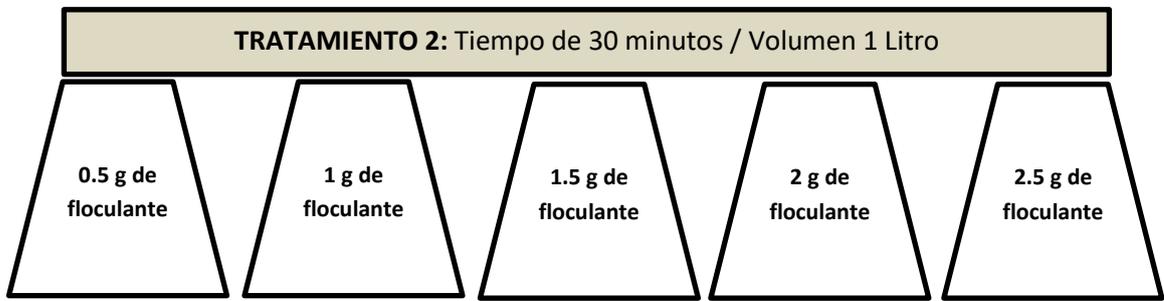
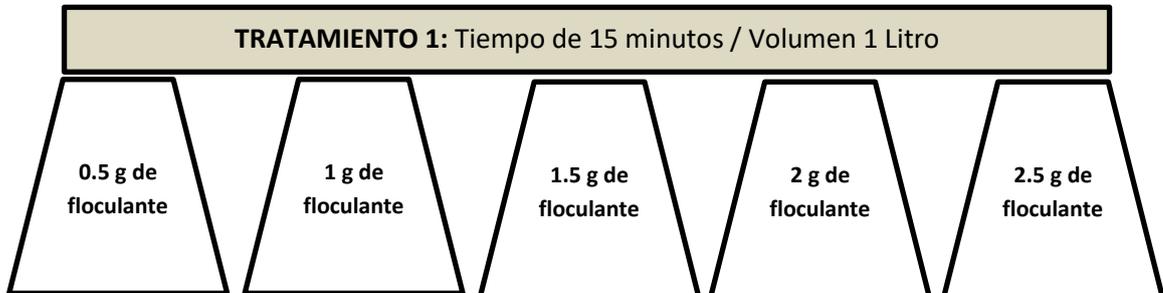
contenidas en las cascaras, así mismo será más factible que los insumos pasen al proceso de trituración mediante el uso de moteros logrando obtener partículas pequeñas.

D. MÉTODO DE JARRAS

Una vez obtenido el análisis preliminar de la muestra y el floculante natural, se procedió a aplicar el método de jarras, cabe precisar que para cada floculante se consideró 3 tratamientos diferenciados por el factor tiempo, es decir para el primer tratamiento se consideró 15 minutos, para el segundo 30 minutos y para el tercero 60 minutos, además para los tres tratamiento se mantuvo un volumen contante de 1 litro, 5 dosis diferentes (0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5 gramos) y se realizó 3 repeticiones en cada tratamiento.

En los siguientes gráficos se muestra la simulación de cada tratamiento aplicado en cada floculante.

TRATAMIENTOS - METODO DE JARRAS



E. ANALISIS DE MUESTRA DESPUES DEL TRATAMIENTO

Luego del tratamiento, se procedió analizar nuevamente las muestras, tomando una sub-muestra de 100ml, agregándole 5ml de ácido nítrico y llevado a la plancha de calentamiento a una temperatura de 95°C, durante aproximadamente 60 minutos, se dejó enfriar para ser analizado por el equipo espectrómetro de absorción atómica

3.7. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos durante la experimentación, serán comparados con los Límites Máximos Permisibles para comparar las concentraciones antes y después del tratamiento, así mismo se usarán los programas de Excel para la interpretación de resultados.

IV. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de la caracterización del Drenaje Acido de Mina realizados antes de iniciar el tratamiento por procesos de Floculación con cascara naturales de Manzana y Uva para remover los metales de Plomo y Cadmio contenidos.

Tabla 8: CARACTERIZACIÓN DEL DAM

| MUESTRA | T (°C) | pH | Pb | Cd |
|------------|--------|------------|------------|-------------|
| | | | (mg/L) | (mg/L) |
| E-1 | 21.2 | 2.6 | 3.52 | 2.85 |
| <i>LMP</i> | - | <i>6-9</i> | <i>0.2</i> | <i>0.05</i> |

T: Temperatura

pH: Potencial de Hidrógenos

Pb Total: Concentración Total de Plomo

Cd Total: Concentración Total de Cadmio

4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO CON CASCARA DE MANZANA

4.1.1. Remoción de cadmio con cascara de manzana

Para la remoción de cadmio aplicando el floculante de cascara de manzana, se realizó tres tratamientos considerando tres tiempos diferentes, y en los cuales se tuvo un volumen constante de 1 litro de muestra (DAM), 5 dosis diferentes (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5gr) y 3 repeticiones para cada tratamiento, tal como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 9: CARACTERISTICAS DE LOS TRATAMIENTOS

| TRATAMIENTO | TIEMPO (min) | VOLUMEN (L) | DOSIS (g) | | | | | REPECTICIONES |
|-------------|--------------|-------------|-----------|-----|-----|-----|-----|---------------|
| | | | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | |
| 1 | 15 | 1 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3 |
| 2 | 30 | 1 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3 |
| 3 | 60 | 1 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3 |

Fuente: Elaboración propia

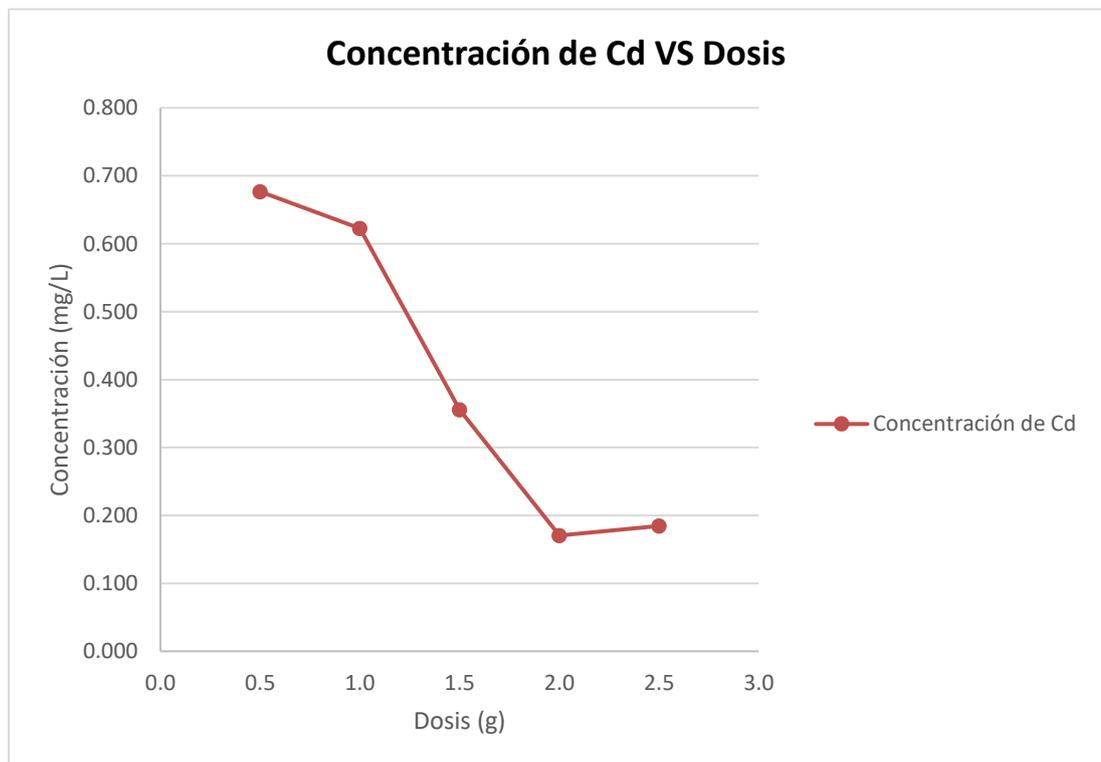
- **Tratamiento 1:** Se consideró las especificaciones descritas en la *tabla N° 8*, con la finalidad de remover la concentración del metal cadmio contenido en los DAM, en un tiempo de 15 minutos.

Tabla 10: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 1

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Unidad de pH | 2.56 | 2.45 | 2.52 | 2.68 | 2.81 |
| REPETICIONES | Concentración de Cd (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.677 | 0.622 | 0.356 | 0.170 | 0.184 |
| 2 | 0.688 | 0.628 | 0.350 | 0.175 | 0.179 |
| 3 | 0.665 | 0.634 | 0.361 | 0.166 | 0.189 |
| PROMEDIO | 0.676 | 0.621 | 0.355 | 0.171 | 0.185 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 1



Fuente: Elaboración propia

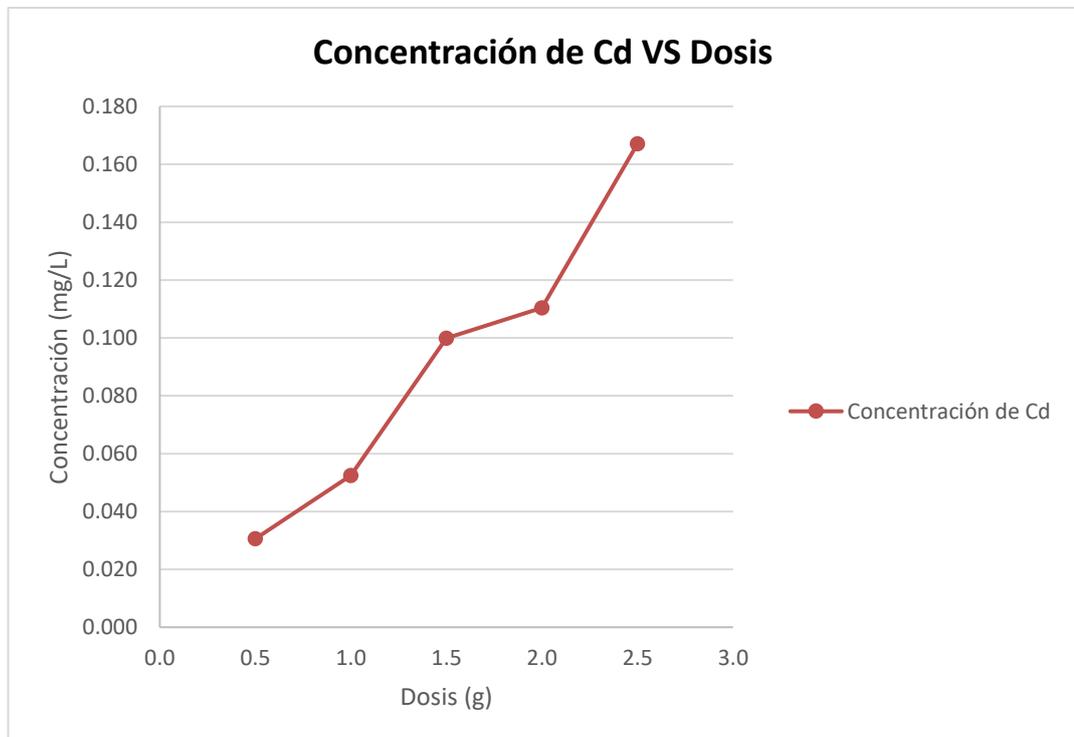
- **Tratamiento 2:** Considerando las especificaciones de la *Tabla N° 8*, para el tratamiento de la muestra de DAM, considerando un tiempo de 30 minutos.

Tabla 11: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 2

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | <i>0.5</i> | <i>1.0</i> | <i>1.5</i> | <i>2.0</i> | <i>2.5</i> |
| Unidad de pH | 2.66 | 2.55 | 2.72 | 2.69 | 2.86 |
| REPETICIONES | Concentración de Cd (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.031 | 0.052 | 0.100 | 0.110 | 0.167 |
| 2 | 0.030 | 0.050 | 0.103 | 0.118 | 0.169 |
| 3 | 0.032 | 0.054 | 0.098 | 0.102 | 0.165 |
| PROMEDIO | 0.031 | 0.052 | 0.100 | 0.110 | 0.167 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 2



Fuente: Elaboración propia

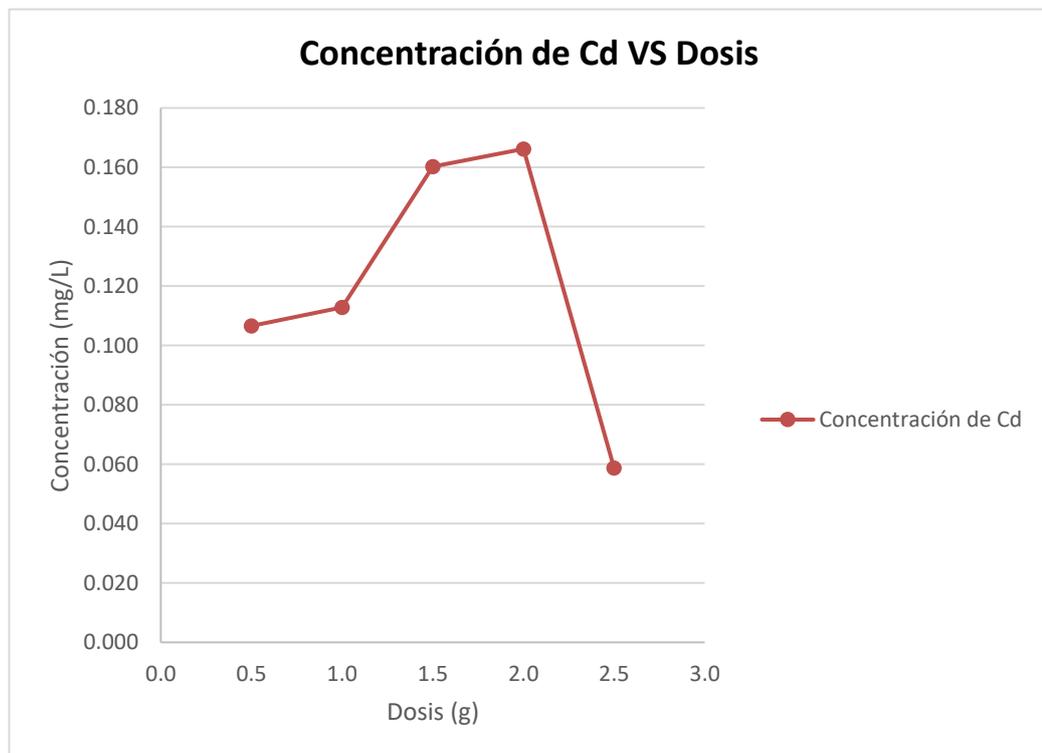
- **Tratamiento 3:** En el tercer tratamiento para la muestra DAM, se consideró las especificaciones de la *Tabla N° 8*, con un tiempo de 60 minutos.

Tabla 12: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 3

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Unidad de pH | 2.46 | 2.49 | 2.58 | 2.65 | 2.89 |
| REPETICIONES | Concentración de Cd (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.107 | 0.113 | 0.160 | 0.166 | 0.059 |
| 2 | 0.111 | 0.115 | 0.163 | 0.168 | 0.058 |
| 3 | 0.104 | 0.110 | 0.157 | 0.163 | 0.060 |
| PROMEDIO | 0.107 | 0.113 | 0.161 | 0.167 | 0.059 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 3



4.1.2. Remoción de plomo con cascara de manzana

Para la remoción de plomo aplicando el floculante de cascara de manzana, al igual que para el tratamiento de cadmio, se realizó tres tratamientos considerando tres tiempos diferentes, y en los cuales se tuvo un volumen constante de 1 litro de muestra (DAM), 5 dosis diferentes (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5gr) y 3 repeticiones para cada tratamiento, tal como se describe en la *Tabla N° 8*.

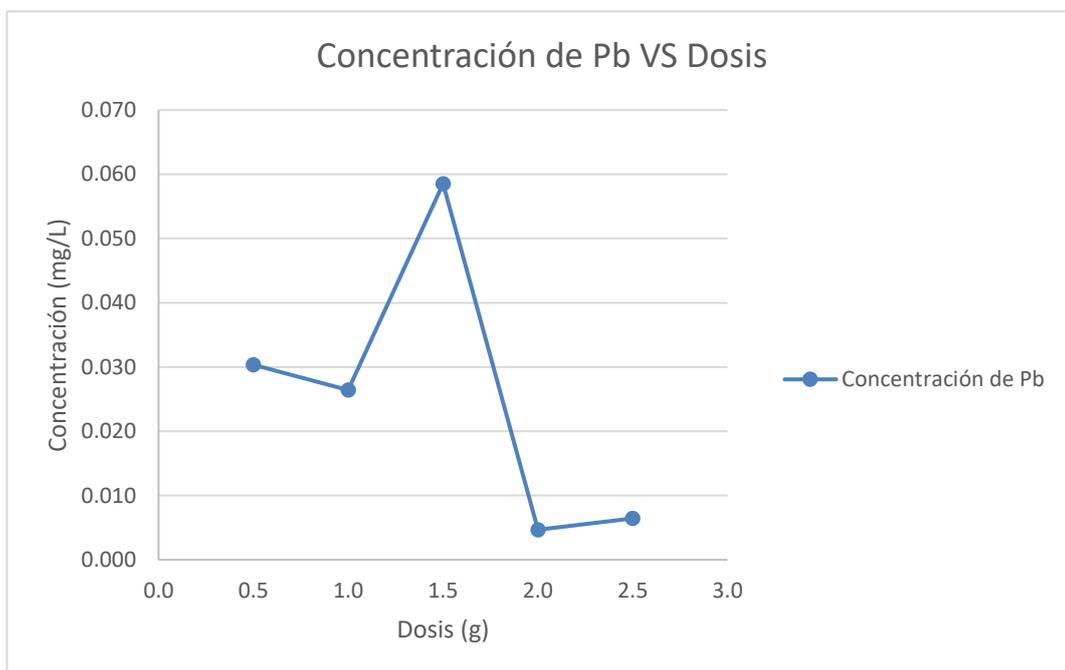
- **Tratamiento 1:** Se consideró las especificaciones descritas en la *Tabla N° 8*, con la finalidad de remover la concentración del metal plomo contenido en los DAM, en un tiempo de 15 minutos.

Tabla 13: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 1

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Unidad de pH | 2.56 | 2.55 | 2.49 | 2.61 | 2.63 |
| REPETICIONES | Concentración de Pb (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.030 | 0.026 | 0.059 | 0.005 | 0.006 |
| 2 | 0.033 | 0.028 | 0.057 | 0.005 | 0.006 |
| 3 | 0.027 | 0.024 | 0.062 | 0.004 | 0.005 |
| PROMEDIO | 0.030 | 0.026 | 0.059 | 0.005 | 0.006 |

Fuente: *Elaboración propia*

Gráfico 4: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 1



Fuente: Elaboración propia

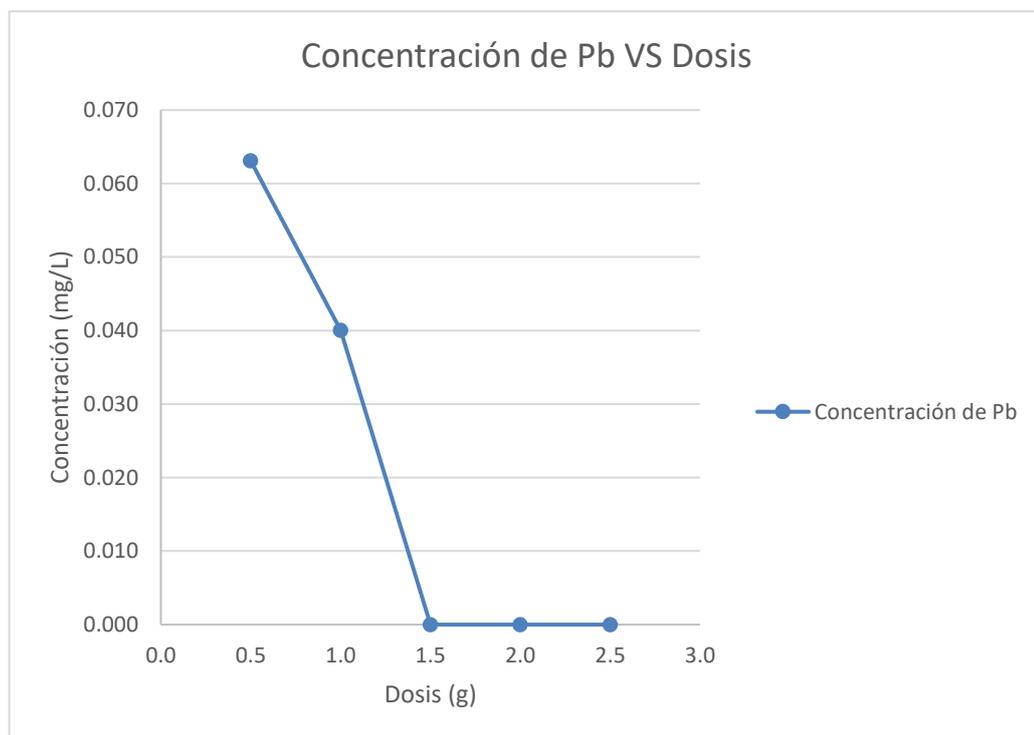
- **Tratamiento 2:** Considerando las especificaciones de la *Tabla N° 8*, para el tratamiento de la muestra de DAM, considerando un tiempo de 30 minutos.

Tabla 14: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 2

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Unidad de pH | 2.68 | 2.59 | 2.72 | 2.88 | 2.78 |
| REPETICIONES | Concentración de Pb (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.063 | 0.040 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 | 0.065 | 0.041 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | 0.061 | 0.040 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| PROMEDIO | 0.063 | 0.040 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 2



Fuente: Elaboración propia

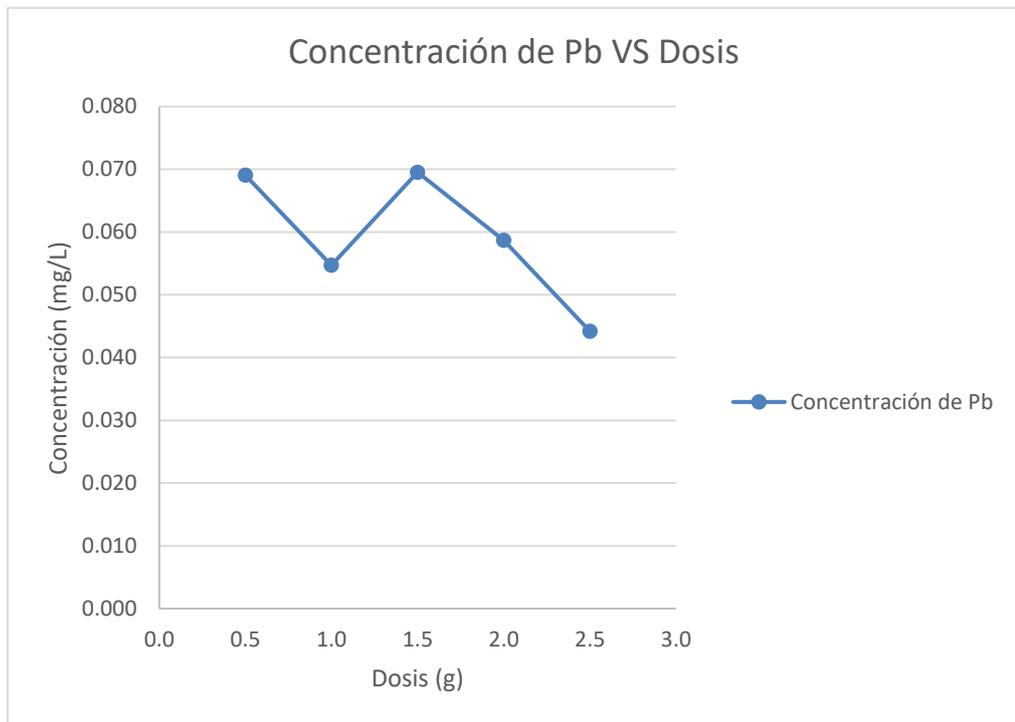
- **Tratamiento 3:** En el tercer tratamiento para la muestra DAM, se consideró las especificaciones de la *Tabla N° 8*, con un tiempo de 60 minutos.

Tabla 15: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 3

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Unidad de pH | 2.71 | 2.65 | 2.67 | 2.63 | 2.61 |
| REPETICIONES | Concentración de Pb (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.069 | 0.055 | 0.070 | 0.059 | 0.044 |
| 2 | 0.071 | 0.057 | 0.072 | 0.061 | 0.044 |
| 3 | 0.067 | 0.053 | 0.068 | 0.057 | 0.043 |
| PROMEDIO | 0.069 | 0.055 | 0.070 | 0.059 | 0.044 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE MANZANA – TIEMPO 3



Fuente: Elaboración propia

4.2. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO CON CASCARA DE UVA

4.2.1. Remoción de cadmio con cascara de uva

Para la remoción de cadmio aplicando el floculante de cascara de uva, se realizó tres tratamientos considerando tres tiempos diferentes, y en los cuales se tuvo un volumen constante de 1 litro de muestra (DAM), 5 dosis diferentes (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5gr) y 3 repeticiones para cada tratamiento, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16: CARACTERISTICAS DE LOS TRATAMIENTOS

| TRATAMIENTO | TIEMPO (min) | VOLUMEN (L) | DOSIS (g) | | | | | REPECTICIONES |
|-------------|--------------|-------------|-----------|-----|-----|-----|-----|---------------|
| | | | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.9 | 2.5 | |
| 1 | 15 | 1 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.9 | 2.5 | 3 |
| 2 | 30 | 1 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.9 | 2.5 | 3 |
| 3 | 60 | 1 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.9 | 2.5 | 3 |

Fuente: *Elaboración propia*

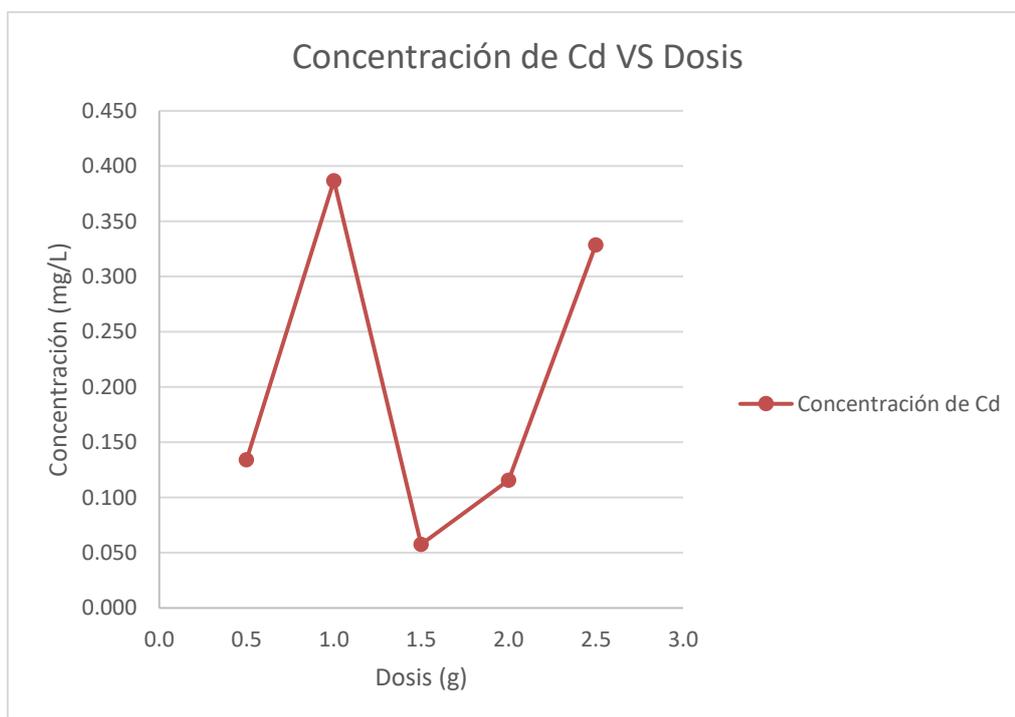
- **Tratamiento 1:** Se consideró las especificaciones descritas en la *tabla N° 15*, con la finalidad de remover la concentración del metal cadmio contenido en los DAM, en un tiempo de 15 minutos.

Tabla 17: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 1

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Unidad de pH | 2.46 | 2.55 | 2.62 | 2.74 | 2.92 |
| REPETICIONES | <i>Concentración de Cd (mg/l)</i> | | | | |
| 1 | 0.134 | 0.387 | 0.058 | 0.116 | 0.329 |
| 2 | 0.133 | 0.384 | 0.056 | 0.118 | 0.326 |
| 3 | 0.136 | 0.389 | 0.061 | 0.113 | 0.333 |
| PROMEDIO | 0.135 | 0.387 | 0.058 | 0.116 | 0.328 |

Fuente: *Elaboración propia*

Gráfico 7: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA - TIEMPO 1



Fuente: Elaboración propia

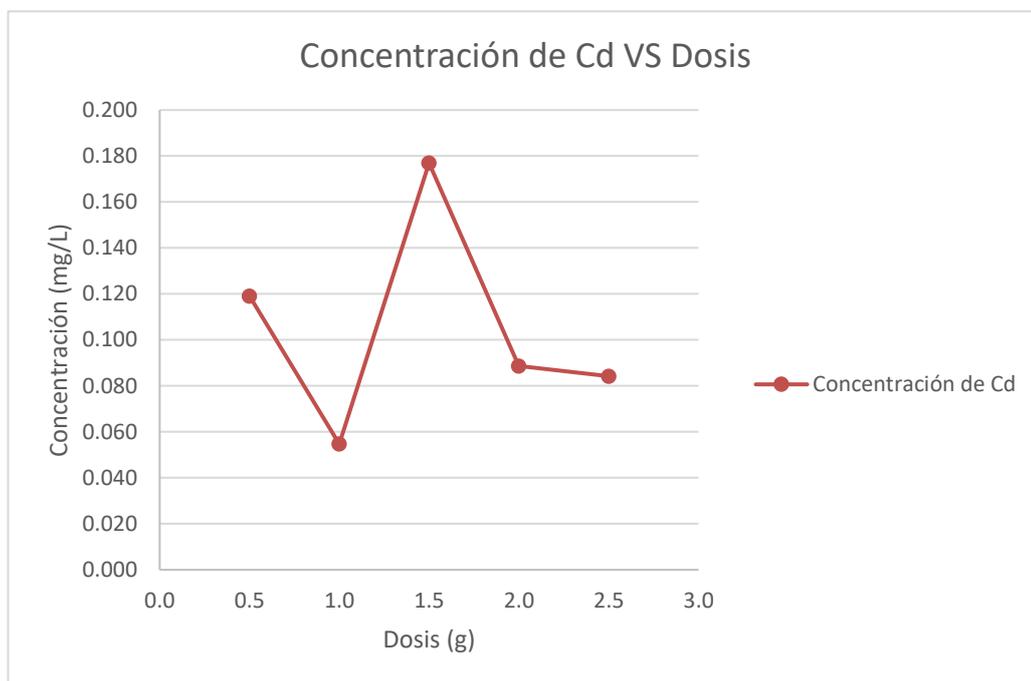
- **Tratamiento 2:** Considerando las especificaciones de la *Tabla N° 15*, para el tratamiento de la muestra de DAM, considerando un tiempo de 30 minutos.

Tabla 18: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 2

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Unidad de pH | 2.66 | 2.51 | 2.62 | 2.62 | 2.79 |
| REPETICIONES | Concentración de Cd (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.119 | 0.055 | 0.177 | 0.089 | 0.084 |
| 2 | 0.120 | 0.052 | 0.174 | 0.090 | 0.086 |
| 3 | 0.118 | 0.057 | 0.180 | 0.087 | 0.082 |
| PROMEDIO | 0.119 | 0.055 | 0.177 | 0.089 | 0.084 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 2



Fuente: Elaboración propia

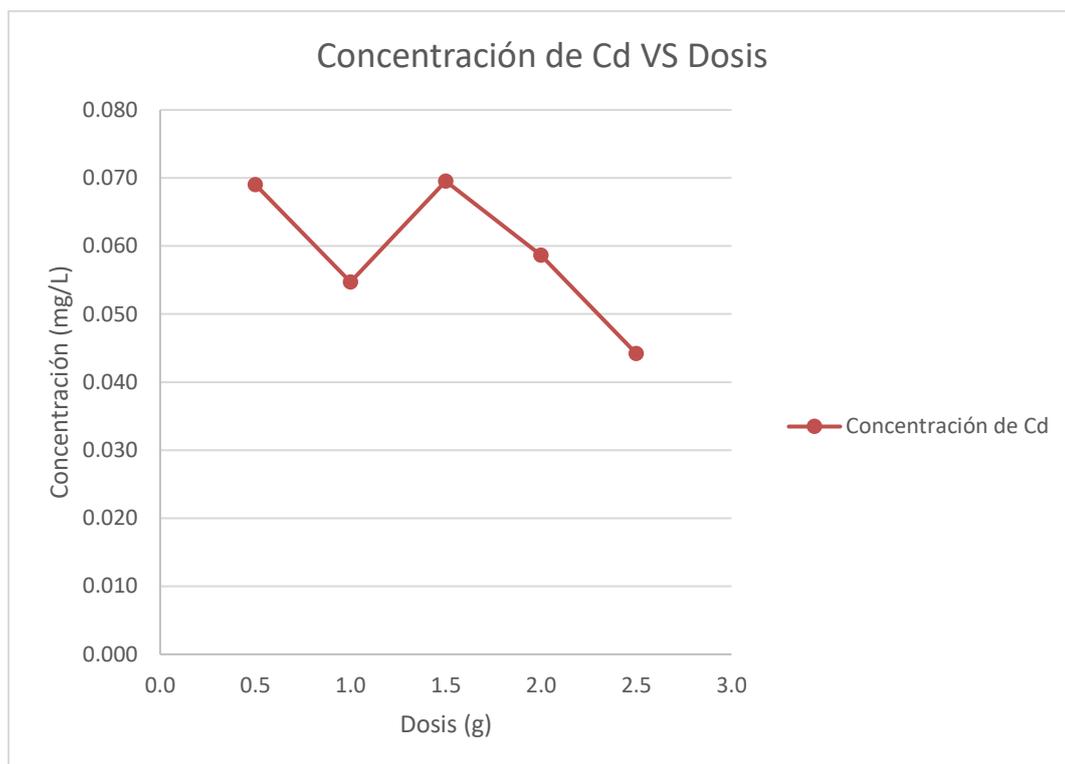
- **Tratamiento 3:** En el tercer tratamiento para la muestra DAM, se consideró las especificaciones de la *Tabla N° 15*, con un tiempo de 60 minutos.

Tabla 19: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 3

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Unidad de pH | 2.46 | 2.49 | 2.55 | 2.81 | 2.93 |
| REPETICIONES | Concentración de Cd (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.069 | 0.055 | 0.070 | 0.059 | 0.044 |
| 2 | 0.071 | 0.057 | 0.073 | 0.057 | 0.046 |
| 3 | 0.068 | 0.052 | 0.068 | 0.061 | 0.042 |
| PROMEDIO | 0.069 | 0.055 | 0.070 | 0.059 | 0.044 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9: REMOCIÓN DE CADMIO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 3



Fuente: *Elaboración propia*

4.2.2. Remoción de plomo con cascara de uva

Para la remoción de plomo aplicando el floculante de cascara de uva, al igual que para el tratamiento de cadmio, se realizó tres tratamientos considerando tres tiempos diferentes, y en los cuales se tuvo un volumen constante de 1 litro de muestra (DAM), 5 dosis diferentes (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5gr) y 3 repeticiones para cada tratamiento, tal como se describe en la *Tabla N° 15*.

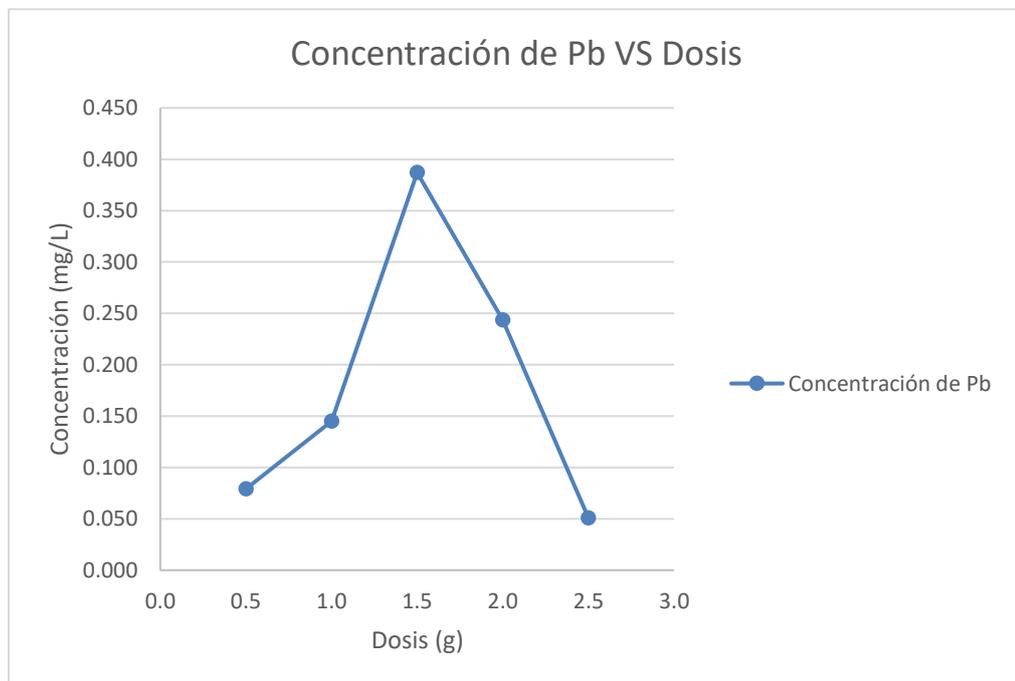
- **Tratamiento 1:** Se consideró las especificaciones descritas en la *Tabla N° 15*, con la finalidad de remover la concentración del metal plomo contenido en los DAM, en un tiempo de 15 minutos.

Tabla 20: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 1

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Unidad de pH | 2.56 | 2.55 | 2.71 | 2.49 | 2.66 |
| REPETICIONES | Concentración de Pb (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.079 | 0.145 | 0.387 | 0.244 | 0.051 |
| 2 | 0.080 | 0.143 | 0.389 | 0.243 | 0.052 |
| 3 | 0.078 | 0.147 | 0.385 | 0.244 | 0.050 |
| PROMEDIO | 0.079 | 0.145 | 0.387 | 0.244 | 0.051 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 1



Fuente: Elaboración propia

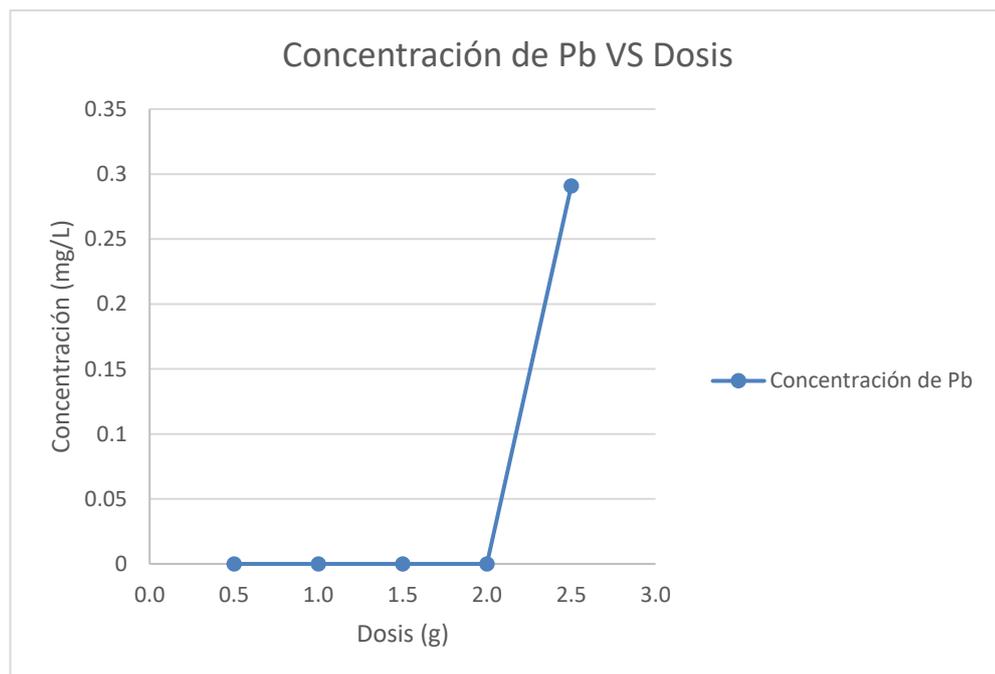
- **Tratamiento 2:** Considerando las especificaciones de la *Tabla N° 15*, para el tratamiento de la muestra de DAM, considerando un tiempo de 30 minutos.

Tabla 21: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA UVA – TIEMPO 2

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Tratamientos | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 |
| Unidad de pH | 2.71 | 2.51 | 2.48 | 2.69 | 2.63 |
| REPETICIONES | Concentración de Pb (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.291 |
| 2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.293 |
| 3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.288 |
| PROMEDIO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.291 |

Fuente: *Elaboración propia*

Gráfico 11: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 2



Fuente: *Elaboración propia*

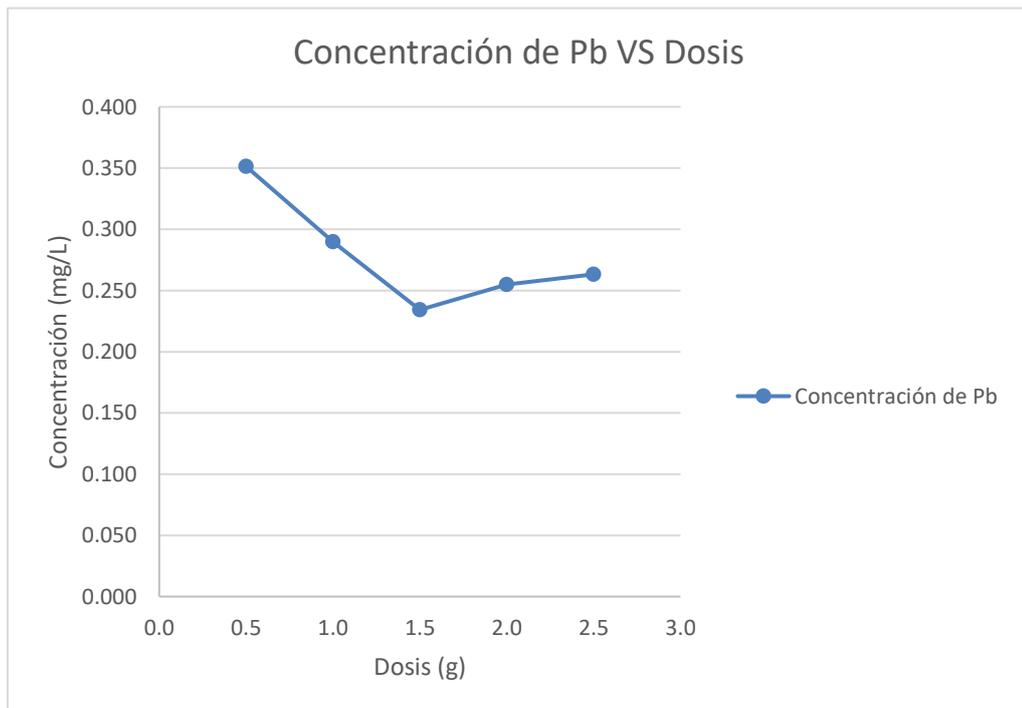
- **Tratamiento 3:** En el tercer tratamiento para la muestra DAM, se consideró las especificaciones de la *Tabla N° 15*, con un tiempo de 60 minutos.

Tabla 22: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 3

| MUESTRA | DOSIS (g.) | | | | |
|-----------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Tratamientos | <i>0.5</i> | <i>1.0</i> | <i>1.5</i> | <i>2.0</i> | <i>2.5</i> |
| Unidad de pH | 2.36 | 2.45 | 2.41 | 2.48 | 2.37 |
| REPETICIONES | Concentración de Pb (mg/l) | | | | |
| 1 | 0.351 | 0.290 | 0.234 | 0.255 | 0.263 |
| 2 | 0.348 | 0.287 | 0.231 | 0.257 | 0.263 |
| 3 | 0.353 | 0.292 | 0.236 | 0.253 | 0.262 |
| PROMEDIO | 0.351 | 0.290 | 0.234 | 0.255 | 0.263 |

Fuente: *Elaboración propia*

Gráfico 12: REMOCIÓN DE PLOMO CON CASCARA DE UVA – TIEMPO 3



Fuente: *Elaboración propia*

4.2.3. Prueba de Normalidad

En la siguiente tabla se muestra la prueba de normalidad de acuerdo a los datos de concentraciones finales y eficiencia de cada floculante.

Tabla 23: PRUEBA DE NORMALIDAD

| | Shapiro-Wilk | | | Tipo de distribución |
|---|--------------|----|-------|----------------------|
| | Estadístico | gl | Sig. | |
| Concentración final de Plomo (Tratada con uva) | 0,871 | 45 | 0,000 | No Normal |
| Eficiencia de la Uva (Plomo) | 0,871 | 45 | 0,000 | No Normal |
| Concentración final de Plomo (Tratada con manzana) | 0,866 | 45 | 0,000 | No Normal |
| Eficiencia de la Manzana (Plomo) | 0,866 | 45 | 0,000 | No Normal |
| Concentración final de Cadmio (Tratada con uva) | 0,705 | 45 | 0,000 | No Normal |
| Eficiencia de la Uva (Cadmio) | 0,705 | 45 | 0,000 | No Normal |
| Concentración final de Cadmio (Tratada con Manzana) | 0,715 | 45 | 0,000 | No Normal |
| Eficiencia de la Manzana (Cadmio) | 0,715 | 45 | 0,000 | No normal |

De acuerdo a lo descrito en la tabla anterior se tiene que:

- **Hipótesis Nula (H_0):** Los datos cumplen el requisito de normalidad (requisito para las pruebas paramétricas).
- **Hipótesis Alternativa (H_1):** Los datos no cumplen el requisito de normalidad (requisito para las pruebas paramétricas).

Dado que todos los valores de Sig (para concentración final y eficiencia) son menores que 0.05 se concluye que los valores experimentales no cumplen el requisito de normalidad, por ello para verificar las hipótesis de la presente investigación se aplicara la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

4.2.4. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para objetivos específicos.

A) **Primer Objetivo Específico:** Determinar la dosis óptima de la cáscara de uva (*Vitis vinífera*) en la biosorción de plomo.

- **Hipótesis Nula (H₀):** Los valores de concentración final de plomo son estadísticamente iguales para los diferentes valores de dosis.
- **Hipótesis Alterna (H₁):** Los valores de concentración final de plomo no son estadísticamente iguales al menos para una de las dosis.

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las concentraciones finales de plomo al aplicar la cascara de uva según dosis, se obtuvo que el valor de Sig=0.740 es mayor al valor de significancia teórica de 0.05, se acepta la hipótesis nula, se concluye que los valores de concentración final de plomo son estadísticamente iguales al aplicar la cascara de uva según dosis, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla.

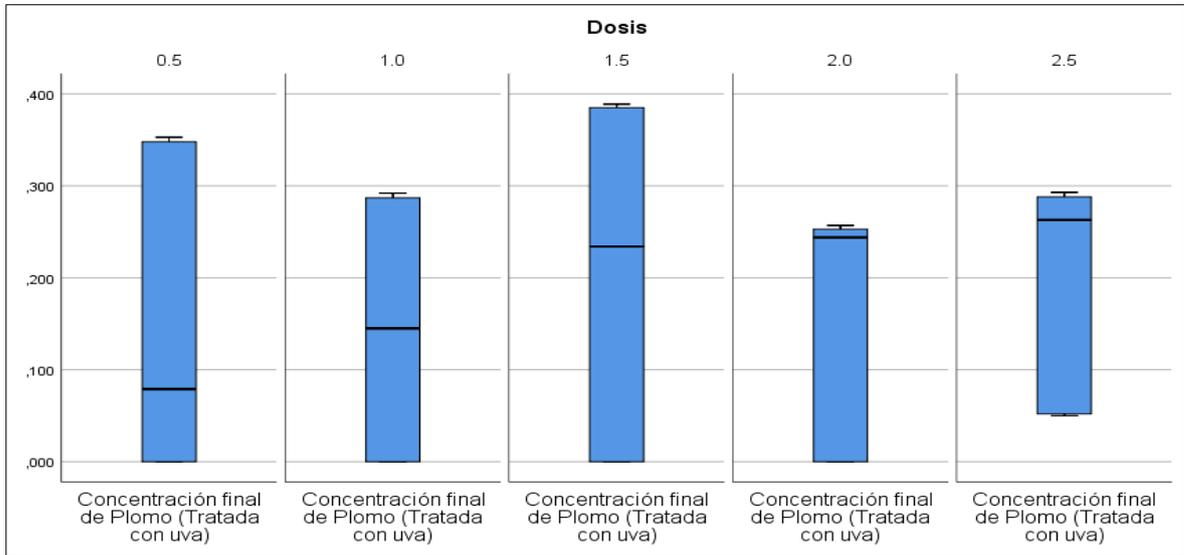
Tabla 24: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 1° OBJETIVO ESPECÍFICO

| Estadísticos de prueba ^{a,b} | |
|--|-------|
| Concentración final de Plomo (Tratada con uva) | |
| H de Kruskal-Wallis | 1,980 |
| gl | 4 |
| Sig. asintótica | 0,740 |

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Dosis

Gráfico 13: CONCENTRACIONES FINALES DE PLOMO AL APLICAR LA CASCARA DE UVA 1° OBJETIVO ESPECIFICO



Fuente: Elaboración propia

B) Segundo Objetivo Específico: Determinar la dosis óptima de la cáscara de uva (*Vitis vinífera*) en la biosorción de cadmio.

- **Hipótesis Nula (H₀):** Los valores de concentración final de cadmio son estadísticamente iguales para los diferentes valores de dosis, al aplicar la cascara de uva.
- **Hipótesis Alterna (H₁):** Los valores de concentración final de cadmio no son estadísticamente iguales al menos para una de las dosis, al aplicar cascara de uva.

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las concentraciones finales de cadmio al aplicar la cascara de uva según dosis, se obtuvo que el valor de Sig=0.690 es mayor al valor de significancia teórica de 0.05, se acepta la hipótesis nula, se concluye que los valores de concentración final de cadmio son estadísticamente iguales al aplicar la cascara de uva según dosis, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla.

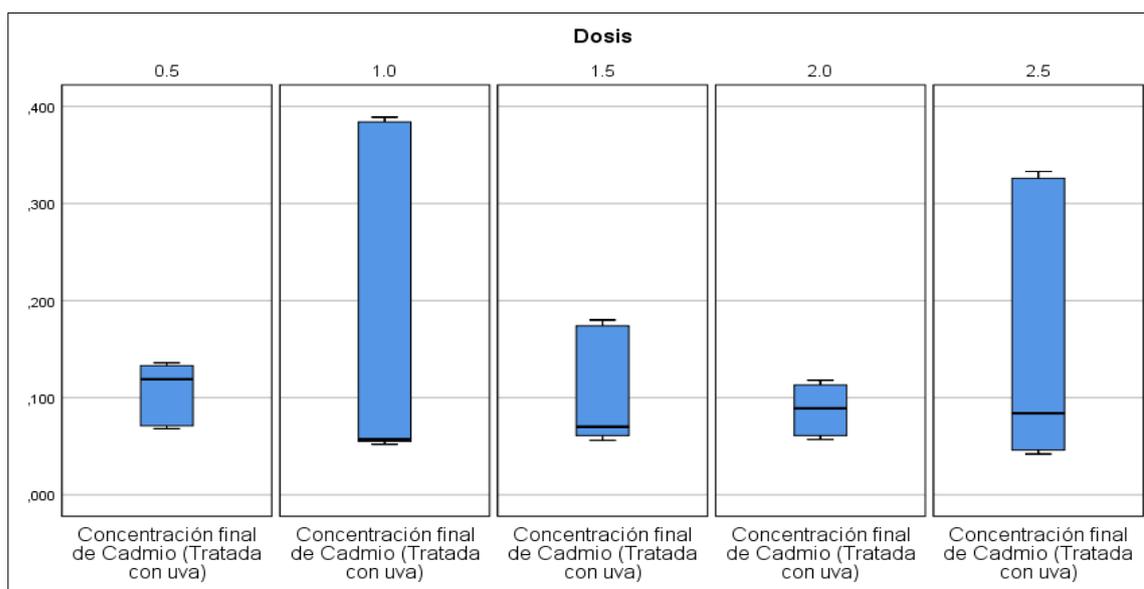
Tabla 25: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 2° OBJETIVO ESPECÍFICO

| Estadísticos de prueba ^{a,b} | |
|--|-------|
| Concentración final de Cadmio (Tratada con uva) | |
| H de Kruskal-Wallis | 2,252 |
| gl | 4 |
| Sig. asintótica | 0,690 |

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Dosis

Gráfico 14: CONCENTRACIONES FINALES DE CADMIO AL APLICAR LA CASCARA DE UVA 2° OBJETIVO ESPECIFICO



Fuente: Elaboración propia

C) Tercer Objetivo Específico: Determinar la dosis óptima de la cáscara de manzana (*Malus domestica*) cada floculante orgánico para la biosorción de plomo.

- **Hipótesis Nula (H₀):** Los valores de concentración final de plomo son estadísticamente iguales para los diferentes valores de dosis, al aplicar la cascara de manzana.

- **Hipótesis Alternativa (H1):** Los valores de concentración final de plomo no son estadísticamente iguales al menos para una de las dosis, al aplicar cascara de manzana.

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las concentraciones finales de plomo al aplicar la cascara de manzana según dosis, se obtuvo que el valor de Sig=0.018 es mayor al valor de significancia teórica de 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, se concluye que los valores de concentración final de plomo son estadísticamente iguales al aplicar la cascara de manzana según dosis.

Así mismo los mejores resultados en el tratamiento del plomo con cascara de manzana se logró con las dosis 2.0 y 2.5, esto se concluye a partir de la mediana de las concentraciones finales, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla.

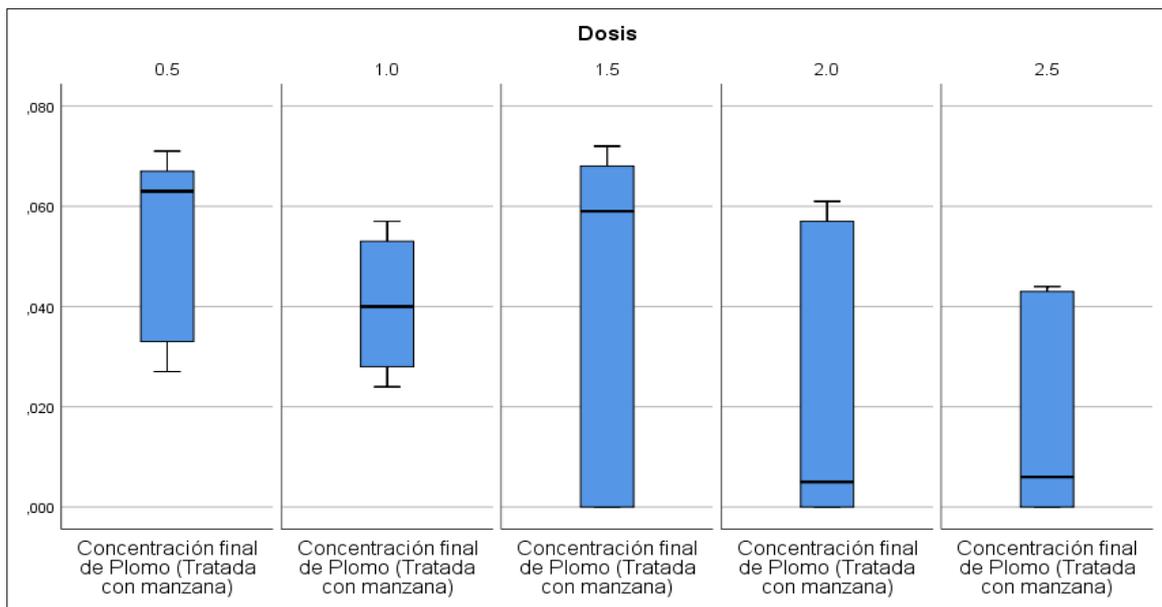
Tabla 26: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 3° OBJETIVO ESPECÍFICO

| Estadísticos de prueba ^{a,b} | |
|--|--------|
| Concentración final de Plomo (Tratada con manzana) | |
| H de Kruskal-Wallis | 11,937 |
| gl | 4 |
| Sig. asintótica | ,018 |

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Dosis

Gráfico 15: CONCENTRACIONES FINALES DE PLOMO AL APLICAR LA CASCARA DE MANZANA 3° OBJETIVO ESPECÍFICO



Fuente: Elaboración propia

D) Cuarto Objetivo Específico: Determinar la dosis óptima de la cáscara de uva (*Malus domestica*) cada floculante orgánico para la biosorción de cadmio.

- **Hipótesis Nula (H₀):** Los valores de concentración final de cadmio son estadísticamente iguales para los diferentes valores de dosis, al aplicar la cascara de manzana.
- **Hipótesis Alterna (H₁):** Los valores de concentración final de cadmio no son estadísticamente iguales al menos para una de las dosis, al aplicar la cascara de manzana.

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las concentraciones finales de cadmio al aplicar la cascara de manzana según dosis, se obtuvo que el valor de Sig=0.948 es mayor al valor de significancia teórica de 0.05, se acepta la hipótesis nula, se concluye que los valores de concentración final de cadmio son estadísticamente iguales al aplicar la cascara de manzana según dosis, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla.

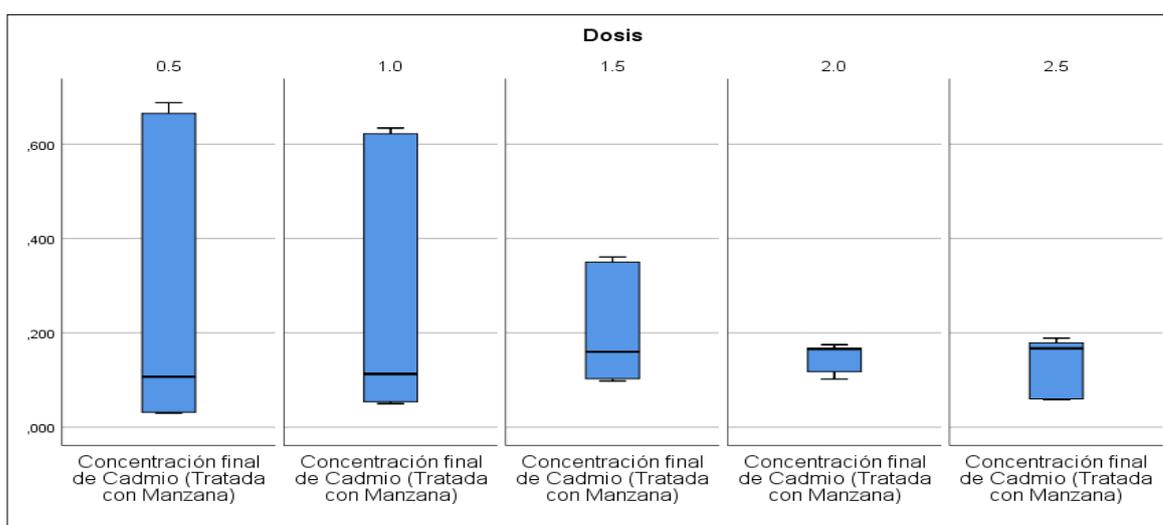
Tabla 27: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 4° OBJETIVO ESPECÍFICO

| Estadísticos de prueba ^{a,b} | |
|---|-------|
| Concentración final de Cadmio (Tratada con manzana) | |
| H de Kruskal-Wallis | 0,728 |
| gl | 4 |
| Sig. asintótica | 0,948 |

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. b.Variable de agrupación: Dosis

Gráfico 16: CONCENTRACIONES FINALES DE CADMIO AL APLICAR LA CASCARA DE MANZANA 4° OBJETIVO ESPECIFICO



Fuente: Elaboración propia

E) Quinto Objetivo Específico: Determinar la eficiencia de la cáscara de uva (*Vitis vinífera*) en la biosorción de plomo.

- **Hipótesis Nula (H₀):** Los valores de eficiencia de la cascara de uva son estadísticamente iguales para el tratamiento del plomo.

- **Hipótesis Alternativa (H1):** Los valores de eficiencia de la cascara de uva no son estadísticamente iguales para el tratamiento del plomo.

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar la eficiencia de la cascara de uva en el tratamiento del plomo, se obtuvo que el valor de Sig=0.000 es menor al valor de significancia teórica de 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, y concluyendo que los valores de eficiencia de la cascara de uva en el tratamiento de plomo son estadísticamente diferentes, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla.

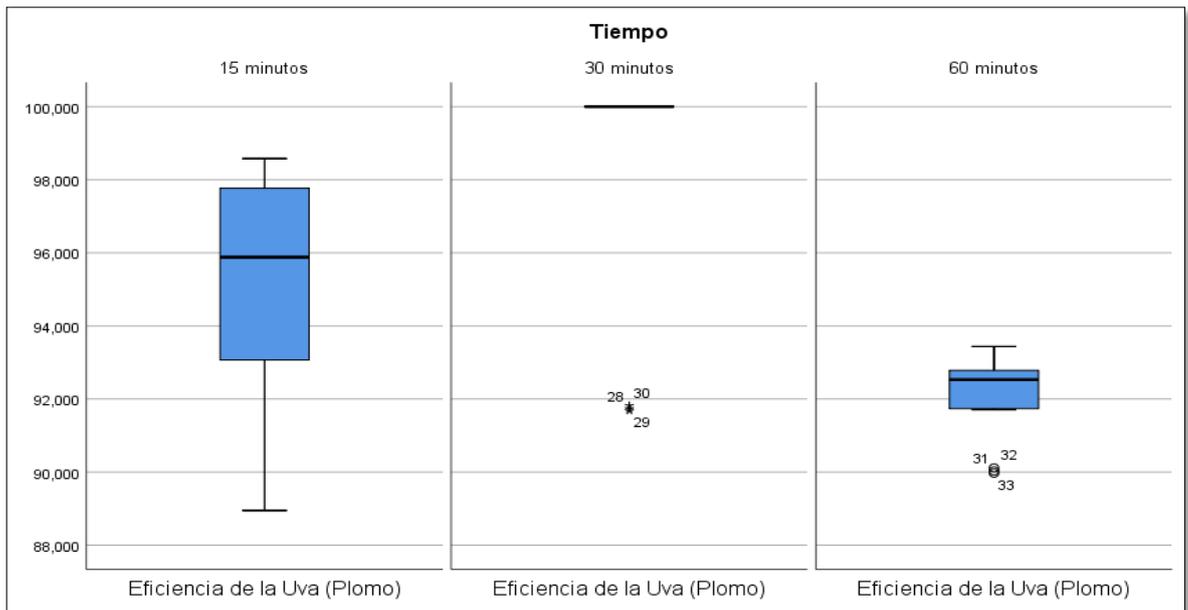
Tabla 28: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 5• OBJETIVO ESPECÍFICO

| Estadísticos de prueba ^{a,b} | |
|---|--------|
| Eficiencia de la uva (Tratamiento del plomo) | |
| H DE KRUSKAL-WALLIS | 17,217 |
| GL | 4 |
| SIG. ASINTÓTICA | 0,000 |

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tiempo

Gráfico 17: CONCENTRACIONES FINALES DE PLOMO AL APLICAR LA CASCARA DE UVA 5° OBJETIVO ESPECIFICO



Fuente: Elaboración propia

F) Sexto Objetivo Específico: Determinar la eficiencia de la cáscara de uva (*Vitis vinifera*) en la biosorción de cadmio.

- **Hipótesis Nula (H₀):** Los valores de eficiencia de la cascara de uva son estadísticamente iguales para el tratamiento del cadmio.
- **Hipótesis Alternativa (H₁):** Los valores de eficiencia de la cascara de uva no son estadísticamente iguales para el tratamiento de cadmio.

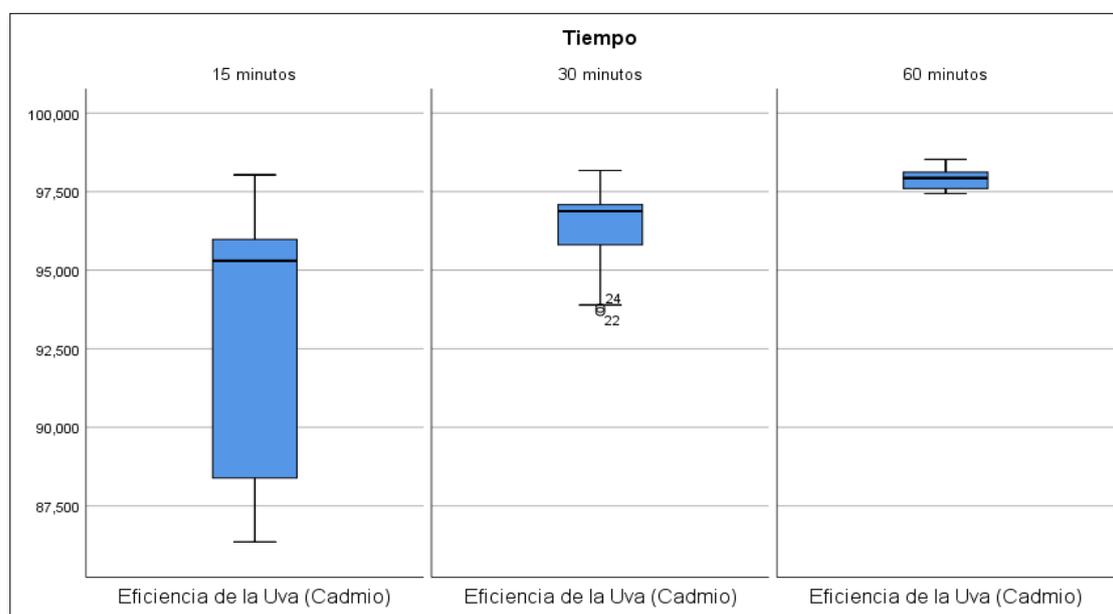
Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar la eficiencia de la cascara de uva en el tratamiento del cadmio, se obtuvo que el valor de Sig=0.000 es menor al valor de significancia teórica de 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, y concluyendo que los valores de eficiencia de la cascara de uva en el tratamiento de cadmio son estadísticamente diferentes, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 29: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 6° OBJETIVO ESPECÍFICO

| Estadísticos de prueba ^{a,b} | |
|--|--------|
| Eficiencia de la uva (Tratamiento del cadmio) | |
| H de Kruskal-Wallis | 18,777 |
| gl | 4 |
| Sig. asintótica | 0,000 |

a. Prueba de Kruskal Wallis
b. Variable de agrupación: Tiempo

Gráfico 18: CONCENTRACIONES FINALES DE CADMIO AL APLICAR LA CASCARA DE UVA 6° OBJETIVO ESPECIFICO



Fuente: Elaboración propia

G) Séptimo Objetivo Específico: Determinar la eficiencia de cáscara de manzana (*Malus domestica*) en la biosorción de plomo.

- **Hipótesis Nula (H₀):** Los valores de eficiencia de la cascara de manzana son estadísticamente iguales ra el tratamiento de plomo.
- **Hipótesis Alterna (H₁):** Los valores de eficiencia de la cascara de manzana no son estadísticamente iguales para el tratamiento de plomo.

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar la eficiencia de manzana en el tratamiento de plomo, obtuvo que el valor de Sig=0.000 el cual es menor al valor de significancia teórica de 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Se concluye que los valores de eficiencia de la casara de manzana en el tratamiento de plomo son estadísticamente diferentes, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla.

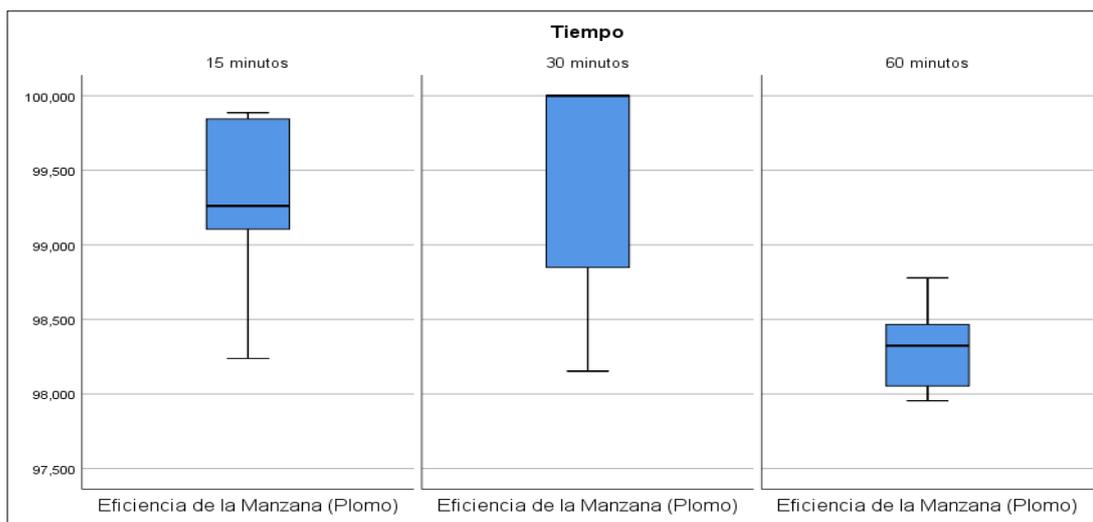
TABLA 30: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS 7° OBJETIVO ESPECÍFICO

| Estadísticos de prueba^{a, b} | |
|---|--------|
| Eficiencia de la manzana (Tratamiento del plomo) | |
| H de Kruskal-Wallis | 18,841 |
| gl | 4 |
| Sig. asintótica | 0,000 |

. Prueba de Kruskal Wallis

. Variable de agrupación: Tiempo

GRÁFICO 19: CONCENTRACIONES FINALES DE PLOMO AL APLICAR LA CASCARA DE MANZANA 7° OBJETIVO ESPECIFICO



Fuente: Elaboración propia

H) Octavo Objetivo Específico: Determinar la eficiencia de cáscara de manzana (*Malus domestica*) en la biosorción de cadmio.

- **Hipótesis Nula (H₀):** Los valores de eficiencia de la cascara de manzana son estadísticamente iguales ra el tratamiento de cadmio.
- **Hipótesis Alterna (H₁):** Los valores de eficiencia de la cascara de manzana no son estadísticamente iguales para el tratamiento de cadmio.

Los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar la eficiencia de manzana en el tratamiento de cadmio, obtuvo que el valor de Sig=0.000 el cual es menor al valor de significancia teórica de 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Se concluye que los valores de eficiencia de la cascara de manzana en el tratamiento de cadmio son estadísticamente diferentes, dichos resultados se muestran en la siguiente tabla.

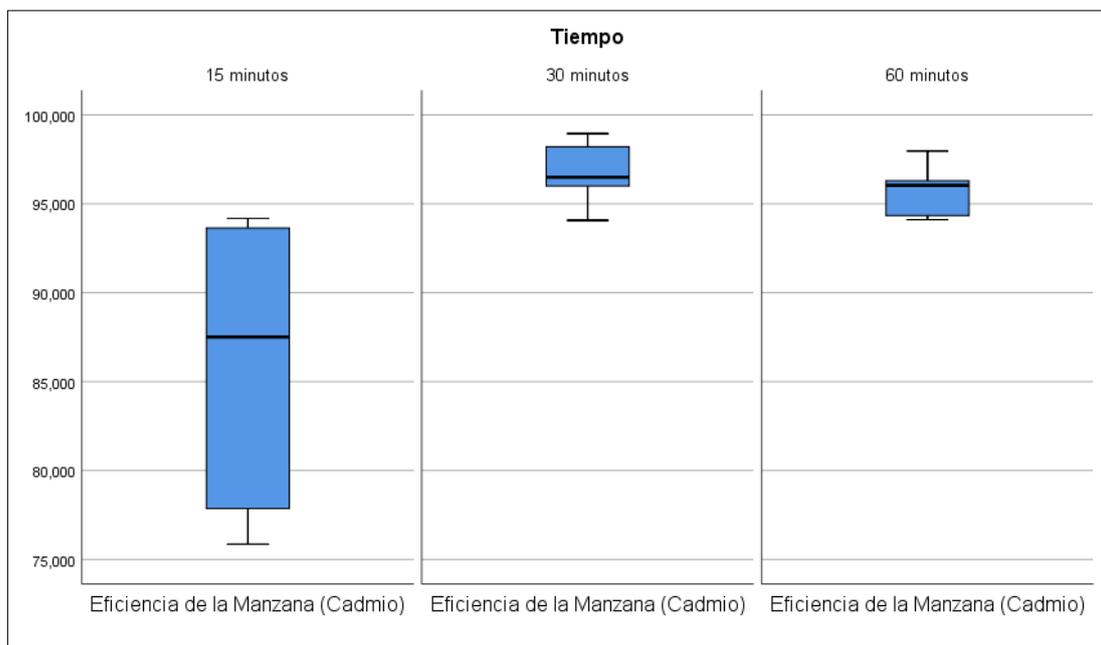
TABLA 31: PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KLUSKAL-WALLIS 8° OBJETIVO ESPECÍFICO

| Estadísticos de prueba ^{a,b} | |
|--|--------|
| Eficiencia de la manzana (Tratamiento del cadmio) | |
| H de Kruskal-Wallis | 29,927 |
| gl | 4 |
| Sig. asintótica | 0,000 |

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tiempo

GRÁFICO 20: CONCENTRACIONES FINALES DE CADMIO AL APLICAR LA CASCARA DE MANZANA 8° OBJETIVO ESPECIFICO



Fuente: *Elaboración propia*

4.2.5. Determinación de eficiencia

Para determinar el nivel de eficiencia de cada tratamiento, se tuvo en cuenta los siguientes rangos:

- Nivel de eficiencia ALTA: (95% a 100%)
- Nivel de eficiencia MEDIA: (60% a 95%)
- Nivel de eficiencia BAJA: (0% a 59%)

A. Eficiencia de la cascara de uva (*Vitis vinífera*)

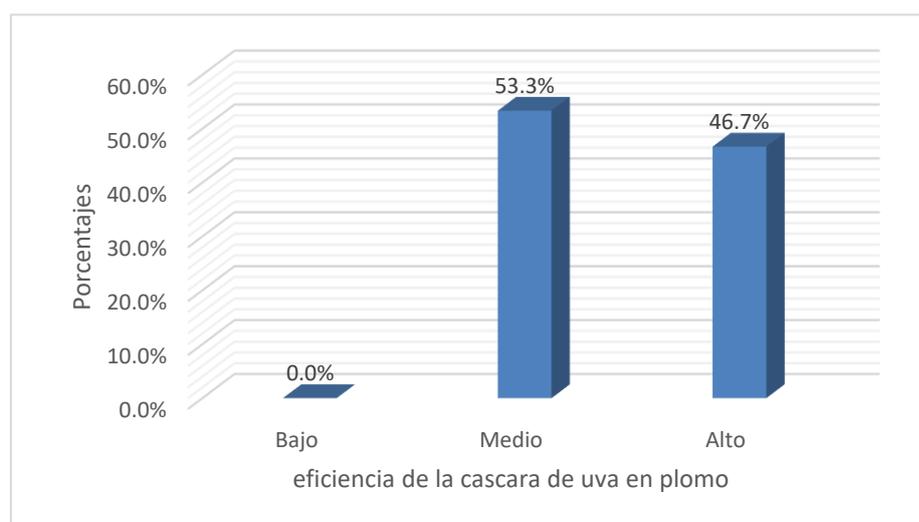
➤ En biosorción de plomo:

Teniendo en cuenta la hipótesis específica, propuesta en la investigación “La cascara de uva (*Vitis vinífera*) tiene una eficiencia media en la biosorción de plomo”, y de acuerdo a las estadísticas se acepta la hipótesis, con un porcentaje de 53.3% de eficiencia en el tratamiento y de tal modo se reafirma que el tratamiento con cascara de uva para la biosorción de plomo tiene un nivel de eficiencia media, tal como se describe en el siguiente cuadro.

TABLA 32: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE UVA EN EL TRATAMIENTO DE PLOMO

| Nivel de eficiencia | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|------------|------------|
| Bajo | 0 | 0.0% |
| Medio | 24 | 53.3% |
| Alto | 21 | 46.7% |
| Total | 45 | 100.0% |

GRÁFICO 21: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE UVA EN EL TRATAMIENTO DE PLOMO



Fuente: Elaboración propia

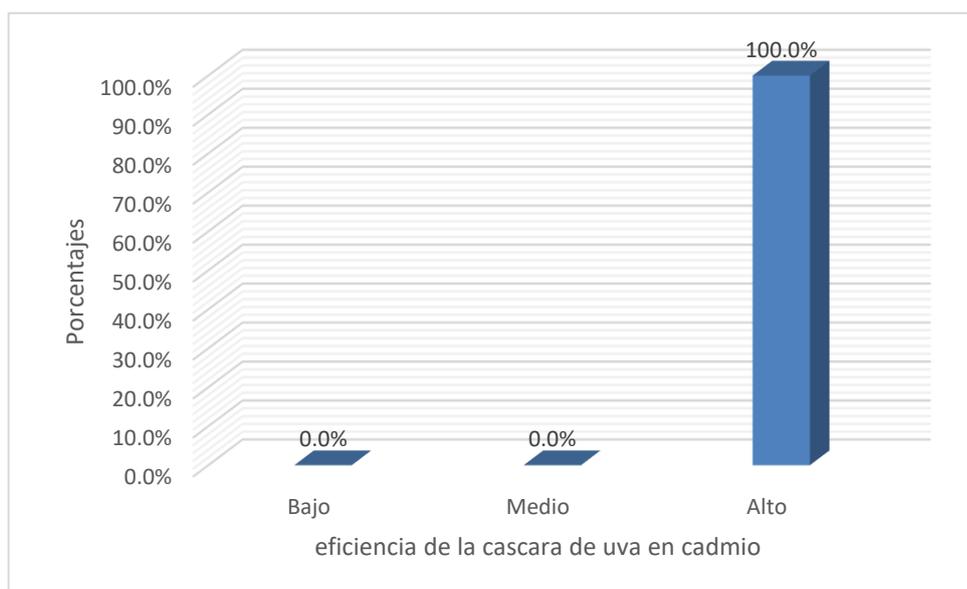
➤ **En biosorción de cadmio:**

Teniendo en cuenta la hipótesis específica, propuesta en la investigación “La cascara de uva (*Vitis vinifera*) tiene una eficiencia media en la biosorción de cadmio”, y de acuerdo a las estadísticas se acepta la hipótesis, con un porcentaje de 53.3% de eficiencia en el tratamiento y de tal modo se reafirma que el tratamiento con cascara de uva para la biosorción de plomo tiene un nivel de eficiencia media, tal como se describe en el siguiente cuadro.

TABLA 33: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE UVA EN EL TRATAMIENTO DE CADMIO

| Nivel de eficiencia | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|------------|------------|
| Bajo | 0 | 0.0% |
| Medio | 0 | 0.0% |
| Alto | 45 | 100.0% |
| Total | 45 | 100.0% |

GRÁFICO 22: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE UVA EN EL TRATAMIENTO DE CADMIO



Fuente: Elaboración propia

B. Eficiencia de la cascara de manzana (*Malus domestica*)

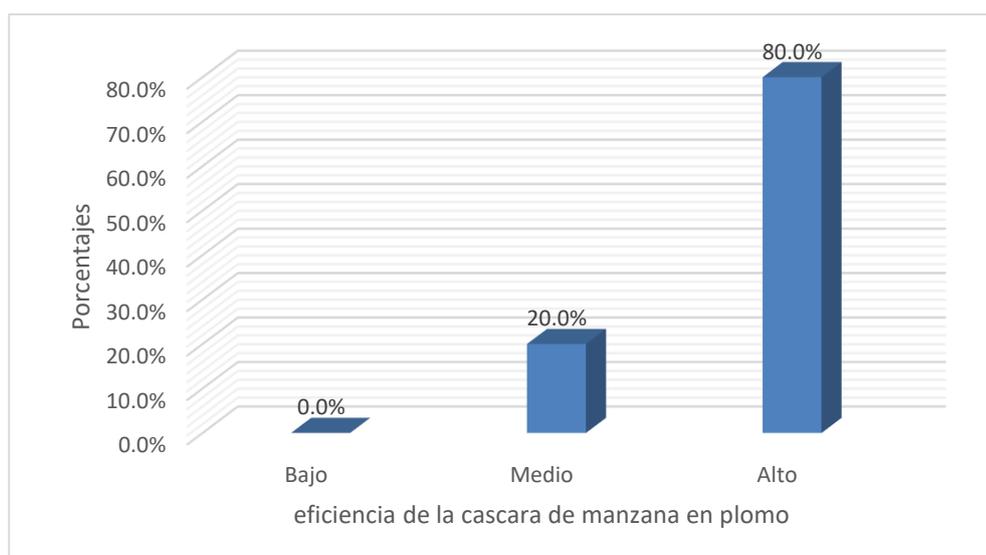
➤ En biosorción de plomo:

Teniendo en cuenta la hipótesis específica, propuesta en la investigación “La cascara de manzana (*Malus domestica*) tiene una eficiencia alta en la biosorción de plomo” y de acuerdo a las estadísticas se acepta la hipótesis, obteniendo un porcentaje de 80% de eficiencia en el tratamiento y de tal modo se reafirma que el tratamiento con cascara de manzana para la biosorción de plomo tiene un nivel de eficiencia alta, tal como se describe en el siguiente cuadro.

TABLA 34: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE MANZANA EN EL TRATAMIENTO DE PLOMO

| Nivel de eficiencia | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|------------|------------|
| Bajo | 0 | 0.0% |
| Medio | 9 | 20.0% |
| Alto | 36 | 80.0% |
| Total | 45 | 100.0% |

GRÁFICO 23: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE MANZANA EN EL TRATAMIENTO DE PLOMO



Fuente: Elaboración propia

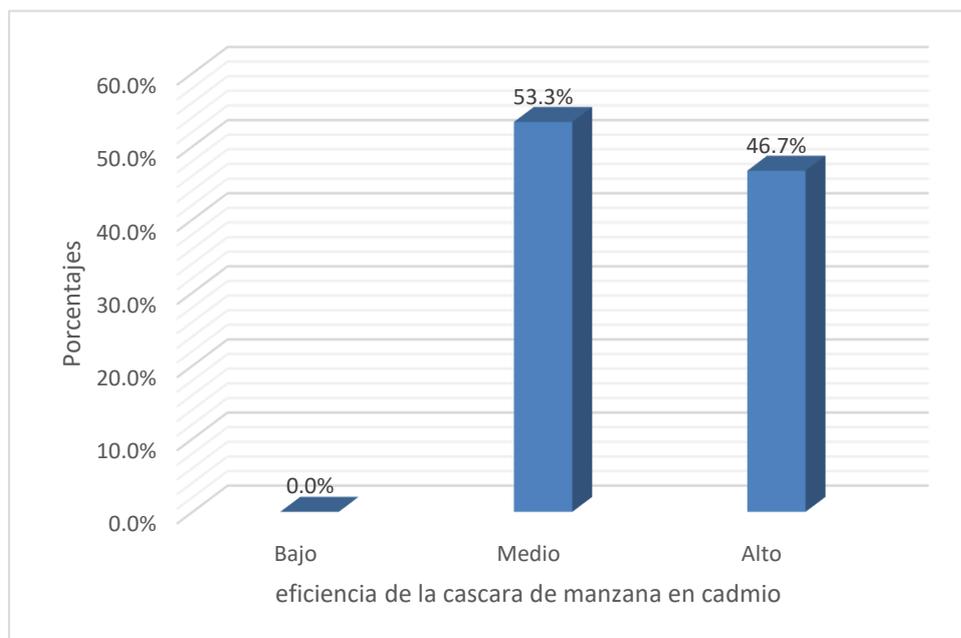
➤ **En biosorción de cadmio:**

Teniendo en cuenta la hipótesis específica, propuesta en la investigación “La cascara de manzana (*Malus domestica*) tiene una eficiencia media en la biosorción de cadmio” y de acuerdo a las estadísticas se acepta la hipótesis, obteniendo un porcentaje de 53.3% de eficiencia en el tratamiento y de tal modo se reafirma que el tratamiento con cascara de manzana para la biosorción de cadmio tiene un nivel de eficiencia media, tal como se describe en el siguiente cuadro.

TABLA 35: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE MANZANA EN EL TRATAMIENTO DE CADMIO

| Nivel de eficiencia | Frecuencia | Porcentaje |
|---------------------|------------|------------|
| Bajo | 0 | 0.0% |
| Medio | 24 | 53.3% |
| Alto | 21 | 46.7% |
| Total | 45 | 100.0% |

GRÁFICO 24: EFICIENCIA DE LA CASCARA DE MANZANA EN EL TRATAMIENTO DE CADMIO



Fuente: *Elaboración propia*

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir del análisis, realizado a los drenajes ácidos de minas existentes en la localidad de Cerro de Pasco, se determinó que los valores de los metales plomo y cadmio superan en gran cantidad a los límites máximos permisibles, por un lado para cadmio se tuvo un 3.52 mg/l de dicho metal presente mientras que su LMP es 0.2, por otro lado para el metal cadmio se encontró un valor de 2.85 mg/l en comparación con el LMP que es de 0.05, tal como lo reafirma ALVAREZ, R. (2009), en su investigación, quien precisó que la presencia de los metales plomo y cadmio en drenajes ácidos de minas, se encuentran encima de los límites máximos permitidos. Del mismo modo para el parámetro de pH se encontró un valor inicial de 2.6 siendo el LMP un valor de 6 a 9, tal como lo menciona ZEVALLOS, J. (2016), los drenajes ácidos de minas, mantienen un pH inicial de 2 a 4, siendo esta una característica principal a tener en cuenta para definir un tratamiento

En cuanto a la eficiencia obtenida de los biosorbentes se obtuvo que al aplicar la cascara de uva este tiene una capacidad de media de biosorción del metal plomo mientras que para el metal cadmio tiene una eficiencia alta, del mismo modo al aplicar el biosorbentes de cascara de manzana se obtuvo una eficiencia alta para la remoción de cadmio mientras que para la remoción de cadmio la eficiencia fue media. En comparación con RAMIREZ, M. (2016), quien utilizó como un método complementario, la cascara de naranja para la bioadsorción de cadmio, obteniendo una reducción del metal de hasta el 84% (media) con respecto a la concentración inicial.

Así mismo, de acuerdo a VICENTE, C. (2017), existen otros tratamientos como la aplicación de micro-nanoburbujas de aire para remover uno de los metales (plomo) presentes en los efluentes mineros, considerando tiempos de 10, 15 y 20 minutos siendo el más efectivo para la remoción del metal un tiempo de 15 minutos, mientras que para el presente estudio el

tiempo óptimo para la remoción de plomo aplicando cascara de manzana y uva fue de 30 minutos, y para la remoción de zinc aplicando cascara de manzana el tiempo optimo fue de 30 minutos y aplicando cascara de uva fue de 60 minutos.

Por otro lado, VIZCAÍNO, L. y FUENTES, N. (2015) en su investigación utilizaron otros tipos de biosorbentes (biomasa de algas rojas, cascara de naranja y tuna guajira) para la remoción de plomo y cadmio, obteniendo una eficiencia alta de 95% en la remoción de dichos metales, dicha aplicación resulta aún más eficiente con respecto a los biosorbentes utilizados en el presente trabajo, pero cabe precisar que los insumos fueron utilizados en tiempos y dosis diferentes.

Las eficiencias determinadas en el presente estudio, al aplicar cascara de uva para el metal plomo se consiguió una eficiencia media mientras que para el metal cadmio una eficiencia alta, por otro lado al aplicar cascara de manzana la eficiencia en el metal plomo fue alta y para el metal cadmio fue media, en comparación con la metodología aplicada por RIMARACHIN, P. Y HUARANGA, F. (2015), quienes en su investigación emplearon un sistema de tratamiento de compost y humus para reducir la concentración de los metales plomo y cadmio presentes en los drenajes ácidos de minas, obteniendo que el sistema de humus tiene una eficiencia de remoción media (85.67%) para reducción de zinc, mientras que el sistema de compost fue más eficiente con una eficiencia alta (95.66%) para la remoción de plomo.

VI. CONCLUSIONES

Finalmente, el presente estudio, cumplió con el objetivo planteado de evaluar la eficiencia de las cascaras de uva (*Vitis vinífera*) y manzana (*Malus domestica*), en la remoción de los metales plomo y cadmio presentes en los drenajes ácidos de minas provenientes de la locación Cerro de Pasco, la metodología planteada resulto eficiente.

Por un lado, se tuvo como concentración inicial de 2.85 mg/L para el metal cadmio logrando reducir dicho valor a 0.031, aplicando una dosis de 5g de la cascara de manzana en un tiempo de 30 minutos. Dicho tiempo establecido se considera eficiente en un 97%, así mismo las características mencionadas fueron las más óptimas para reducir el valor con referencia a los límites máximos permisibles (0.05mg/L). Mientras al aplicar cascaras de uva (*Vitis vinífera*), las características más óptimas de reducción de dicho metal fue utilizando una dosis de 2.5g en 60 minutos llegando a un valor de 0.044 mg/L, el tiempo establecido se determina eficiente en un 98%.

Del mismo modo para el metal plomo, con una concentración inicial de 3.52 mg/L, las características más óptimas al aplicar cascara de manzana (*Malus domestica*), fue con una dosis que variada de 1.5, 2, y 2.5 g en un tiempo de 30 minutos, el cual es considerado eficiente con 100%. Así mismo al aplicar cascara de uva (*Vitis vinífera*), la dosis más óptima varia de 1.5, 2 y 2.5 g en un tiempo de 30 minutos, considerado un tiempo eficiente en 98%

Finalmente, el presente estudio concluye que la aplicación de floculantes orgánicos tales como cascaras de uva (*Vitis vinífera*) y manzana (*Malus domestica*), tienen una eficiencia que varía de medio a alta. En el caso de la cascaras de uva (*Vitis vinífera*) tuvo un nivel de eficiencia media en la remoción de plomo mientras que en la remoción de cadmio fue de

eficiencia alta. Por el contrario, para el caso de manzana (*Malus domestica*), el nivel de eficiencia en plomo fue alta, mientras que en el metal cadmio fue media.

Los tratamientos empleados son considerados altamente eficientes con respecto a los problemas propuestos, siendo dichos métodos como factibles, accesibles y económicamente rentables ante la problemática presentada.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar al menos 5 repeticiones en cada tratamiento, con el objetivo de corroborar la eficiencia de dicha metodología aplicada.
- Se recomienda considerar diferentes dosis para cada floculante así mismo diferentes rangos de tiempo, con el objetivo de verificar y comprobar cual condición es la más óptima con respecto a la concentración inicial obtenida.
- Se recomienda evaluar y probar otro tipo de cascara de frutas para comprobar la eficiencia puedan tener como floculantes.
- Se recomienda aplicar el presente estudio en otro tipo de metales, tal como aguas residuales, efluentes industriales, etc.
- Se recomienda emplear otro tipo de método de análisis de metales (plomo y cadmio), de tal modo asegurar y comprobar con mayor certeza la efectividad del floculante.
- Se recomienda continuar investigando lo descrito en el presente estudio, aplicándolo en otro campo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALVAREZ, R. (2009).** *Contaminación por metales pesados de la presa Francisco Zarco en el estado de Durango.* Tesis de Pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, México.
- ADUVIRE, O. (2006).** *Drenaje ácido de mina generación y tratamiento.* Instituto Geológico y Minero de España - Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente, Madrid, España.
- AGUILAR, M. (2002).** *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación.* Editum.
- BAZÁN, T. & ROJAS, D. (2018).** *Remoción de metales pesados con *juncus arcticus* y *urtica dioica* en un relave minero, distrito Huamachuco - La Libertad.* Tesis de pregrado. Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.
- CHAVES, D. & TERRANOVA, S. (2016).** *Evaluación del extracto de la uva *Vitis Vinifera* como antioxidante en papa pastusa suprema mínimamente procesada.* Tesis de pregrado. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia.
- DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA** (en línea), Madrid, 2014. [Fecha de consulta: 25 de junio del 2019]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=TQB0VQN>
- GAMARRA, F. (2014).** *Evaluación Del Uso De Cáscaras De Banano (*Musa Paradisiaca Sp.*) Para La Descontaminación Del Agua Con Metales Pesados De La Cuenca De Milluni – La Paz.* Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- HERNANDEZ, J. (2015).** *Propiedades fisicoquímicas y reológicas de pectinas de manzana (*Malus Domestica*) y su potencial aplicación en un sistema alimenticio tipo salsa.* Tesis de pregrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

- INFOAGRO (2014).** *Frutas tradicionales: Manzanas.* Disponible en: http://www.infoagro.com/frutas_tradicionales/manzana.htm.
- KHANIZADEH, S., FAN, L., CHARLES, M. & TAO, S. (2014).** *Effect of production systems on phenolic compositions of strawberry fruits.* Acta Horticulturae. 1049: 513-516.
- LEDESMA, W. (2018).** *Propuesta de tratamiento del depósito de relaves de Quiulacocha - Pasco para su remediación ambiental, basada en experiencias exitosas en empresas minera.* Tesis de pregrado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco, Perú.
- LONDOÑO, L., LONDOÑO, P. y MUÑOZ, F. (2016).** *Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal.* Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 14 (2), pp 145-153. DOI: 10.18684/BSAA(14)145-153
- MARIE, K., (2001).** *Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿Qué queremos decir?* Banco Interamericano De Desarrollo. Washington, D.C. Disponible en: <file:///C:/Users/pc/Downloads/Eficacia-eficiencia-equidad-y-sostenibilidad-%C2%BFQu%C3%A9-queremos-decir.pdf>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (2010).** Límites Máximos Permisibles para Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas. D.S. 010-2010-MINAM.
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD - WHO (2010).** *Exposure to cadmium: a major public health concern.* Disponible en: <http://www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf>
- PALACIOS, E. (2017).** *Sistema de explotación minera en la ciudad de Cerro de Pasco y la vulneración del derecho a la salud en niños de 0 a 5 años.* Tesis de pregrado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- PEREZ, P. & AZCONA, M. (2012).** *Los efectos del cadmio en la salud.* México, Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas, 17 (3), PP. 199-205.
- PROVITAL GROUP, NAUTAL EFFICACY. (2013).** Ficha técnica uva la vid.

- PULCHA, J. & VALENCIA, M. (2019).** *Evaluación de la degradación de contaminantes ecotóxicos de las aguas de residuales de la industria minera por medio de humedales artificiales.* Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- RARAZ, E. (2015).** *Determinación química toxicológica de plomo y cadmio en agua para consumo humano proveniente de los reservorios de la zona de San Juan Pampa – distrito de Yanacancha – Pasco.* Tesis de pregrado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- RIMARACHÍN, P. & HUARANGA, F. (2015).** *Tratamiento de aguas de efluentes minero – metalúrgicos utilizando, métodos pasivos y activos en sistemas experimentales.* Perú, SCIENDO, 18(2), pp.20-29.
- SANCHEZ, G., (2016).** *Eco toxicología del cadmio riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio.* Tesis de pregrado, Universidad Complutense. Madrid.
- SNMPE: Inversión minera será el principal motor de crecimiento en el 2019. (25 de enero de 2019).** El Comercio. Disponible en: <https://elcomercio.pe/economia/peru/snmpe-inversion-minera-sera-principal-motor-crecimiento-2019-noticia-600884>
- TUIRO, M. (2010).** *Evaluación y propuesta de mitigación de efluentes de aguas acidas de cantera de Caolin.* Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- VICENTE, C. (2017).** *Remoción de plomo y zinc de los efluentes mineros provenientes de la Unidad Mallay aplicando micro-nanoburbujas de aire, 2017,* Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo. Lima – Perú.
- VILLANUEVA, R. y SÁNCHEZ, F. (2013).** *Diseño de tratamiento pasivo después del plan de cierre de mina.* Tesis de pre grado. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

VIZCAÍNO, L. & FUENTES, N. (2015). *Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretartada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna.* Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 25 (1), pp. 43 – 60.

ZEVALLOS, J. (2016). *Estabilización del drenaje ácido de mina (DAM) de la Empresa Paraíso Perdido Apata.* Tesis de posgrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.

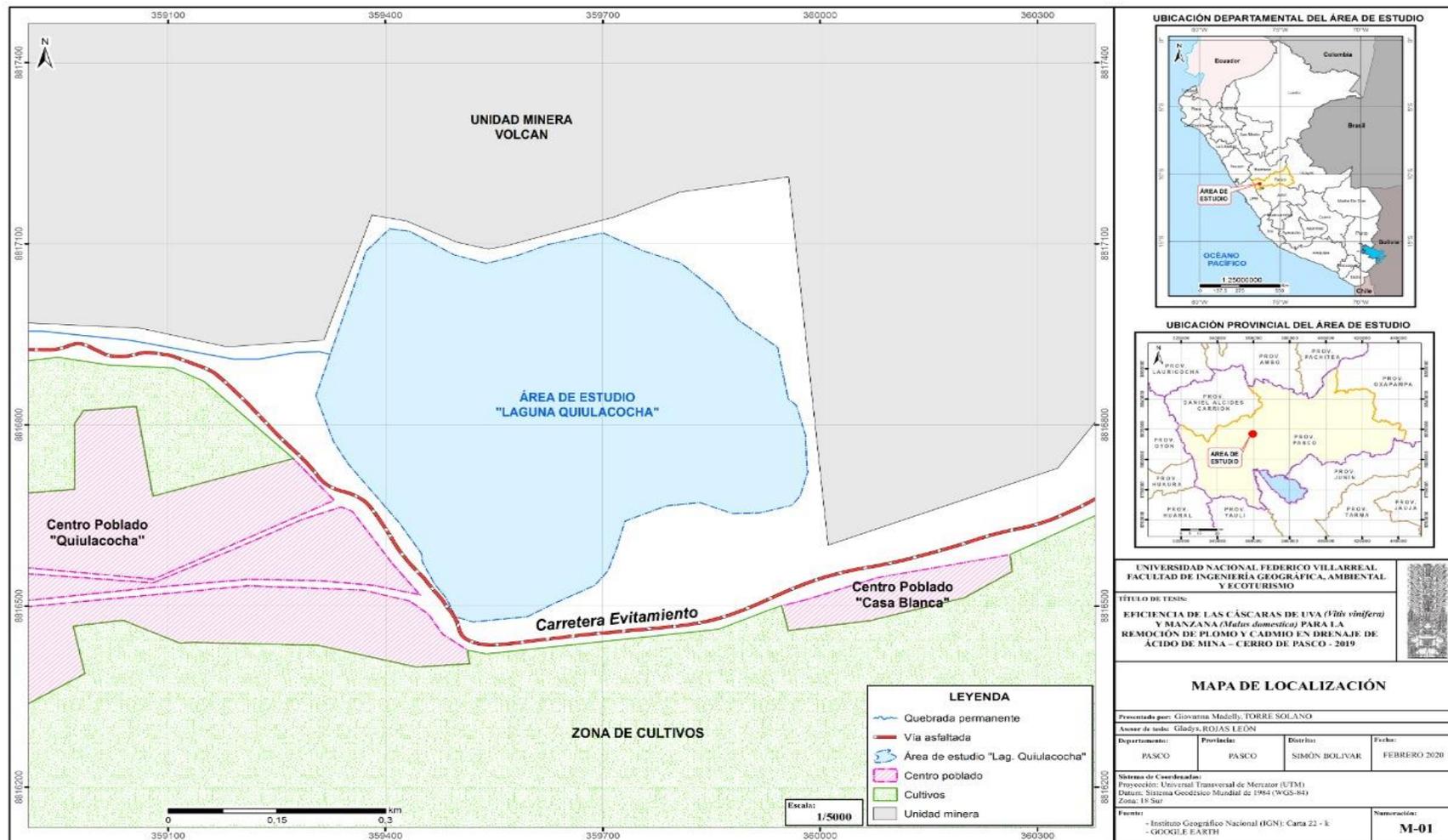
IX. ANEXOS

ANEXO N° 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

| TIPO | PROBLEMA (S) | OBJETIVO (S) | HIPÓTESIS | VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|-------------|---|---|--|---|--|---|---------------------------------|------------------|
| GENERAL | ¿Cómo será la eficiencia de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) y manzana (<i>Malus domestica</i>) para la remoción de plomo y cadmio en drenaje ácido de mina, Cerro de Pasco? | Evaluar la eficiencia de cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) y manzana (<i>Malus domestica</i>) para la remoción de plomo y cadmio en drenaje ácido de mina, Cerro de Pasco. | La cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) y manzana (<i>Malus domestica</i>) son eficientes para la remoción de plomo y cadmio presentes en los drenajes ácidos de mina, Cerro de Pasco. | | | | | Dosis (g) |
| ESPECÍFICOS | ¿Cuál es la dosis óptima de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) en la biosorción de plomo? | Determinar la dosis óptima de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) en la biosorción de plomo. | La dosis óptima de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) es de 2gr para la biosorción de plomo. | V.I. Eficiencia de la Manzana (<i>Malus Domestica</i>) y Uva (<i>Vitis Vinifera</i>) | Manzana (<i>Malus Domestica</i>), proveniente de la familia Rosaceae, es de estructura firme, carnosa y difiere en color, tamaño y sabor, presenta porcentaje de humedad entre 90 y 95%. (HERNANDEZ, J., 2015, pp. 20-28) | Se recolectará la cascara de Manzana (<i>Malus Domestica</i>), luego pasará por un pretratamiento de lavado para retirar las impurezas y secado, seguidamente será triturada. | Características del tratamiento | Tiempo (min) |
| | ¿Cuál es la dosis óptima de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) en la biosorción de cadmio? | Determinar la dosis óptima de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) en la biosorción de cadmio. | La dosis óptima de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) es de 2gr para la biosorción de cadmio. | | | | | Volumen (L) |
| | ¿Cuál es la dosis óptima de la cascara de manzana (<i>Malus domestica</i>) como floculante orgánico para la biosorción de plomo? | Determinar la dosis óptima de la cascara de manzana (<i>Malus domestica</i>) cada floculante orgánico para la biosorción de plomo. | La dosis óptima de la cascara de manzana (<i>Malus domestica</i>) es de 1 gr para la biosorción de plomo. | | | | | pH |
| | ¿Cuál es la dosis óptima de la cascara de manzana (<i>Malus domestica</i>) como floculante orgánico para la biosorción de cadmio? | Determinar la dosis óptima de la cascara de manzana (<i>Malus domestica</i>) cada floculante orgánico para la biosorción de cadmio. | La dosis óptima de la cascara de manzana (<i>Malus domestica</i>) es de 1 gr para la biosorción de cadmio. | | | | | Temperatura (°C) |
| | | | | | Uva (<i>Vitis Vinifera</i>), más conocida como vid, pertenece a la familia Vitaceae. Tiene la característica principal que su tronco puede crecer hasta 35 m de longitud, su fruto mide entre 6-22 mm de largo, su forma es circular ovalada, la piel está adherida a su pulpa, su color puede variar de amarillo o verde, rojo o morado. (CHAVES, D y TERRANOVA, S., 2016, p.21). | Se recolectará la cascara de Uva (<i>Vitis Vinifera</i>), luego pasará por un pretratamiento de lavado para retirar las impurezas y secado, seguidamente será triturada | | |

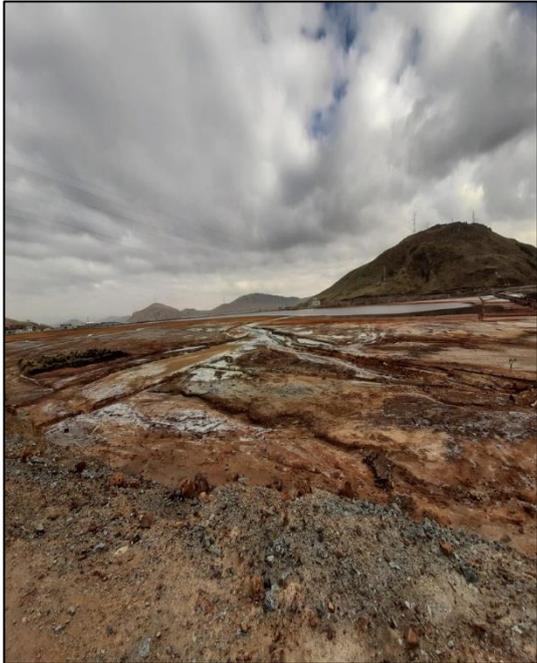
| TIPO | PROBLEMA (S) | OBJETIVO (S) | HIPÓTESIS | VARIABLES | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|-------------|---|--|--|---|--|--|-------------|------------------------------|
| ESPECÍFICOS | ¿Cuál es la eficiencia de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) en la biosorción de plomo? | Determinar la eficiencia de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) en la biosorción de plomo. | La cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) tiene una eficiencia media en la biosorción de plomo. | | | | | Agitación (rpm) |
| | ¿Cuál es la eficiencia de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) en la biosorción de cadmio? | Determinar la eficiencia de la cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) en la biosorción de cadmio. | La cascara de uva (<i>Vitis vinifera</i>) tiene una eficiencia media en la biosorción de cadmio. | V.D. Remoción de Plomo y Cadmio en drenaje ácido de mina | Es la acción de remover o disminuir la concentración inicial de un metal o elemento contenido en un medio. Dicha remoción puede deberse a alguna especie la cual utiliza el método de absorción, acumulación del contaminante a través de la misma. (BAZÁN, T. y ROJAS, D., 2018, p.25). | Se tomará 5, 10 y 15 g de biosorbente y se le agregara a 3 vasos de precipitados de capacidad de 1 L que contiene el DAM, se mantendrá al mismo pH de muestreo. Las muestras se colocarán en un floculador programable durante 60, 120 y 180 minutos a 200 rpm. Después se filtrarán las muestras, para su análisis final. | Eficiencia | Remoción (%) |
| | ¿Cuál es la eficiencia de manzana (<i>Malus domestica</i>) en la biosorción de plomo? | Determinar la eficiencia de la cascara de manzana (<i>Malus domestica</i>) en la biosorción de plomo. | La manzana (<i>Malus domestica</i>) tiene una eficiencia alta en la biosorción de plomo. | | | | | Concentración Inicial (mg/L) |
| | ¿Cuál es la eficiencia de manzana (<i>Malus domestica</i>) en la biosorción de cadmio? | Determinar la eficiencia de la cascara de manzana (<i>Malus domestica</i>) en la biosorción de cadmio. | La manzana (<i>Malus domestica</i>) tiene una eficiencia alta en la biosorción de cadmio. | | | | | Concentración Final (mg/L) |

ANEXO N° 2 – MAPA DE LOCALIZACIÓN



Fuente: Elaboración propia

GALERIA FOTOGRÁFICA



VISITA A LA LOCALIDAD CERRO DE PASCO



RECOLECCIÓN DE MUESTRA DRENAJE ÁCIDO DE MINA



MÉTODO DE JARRAS



PREPARACIÓN DE FLOCULANTES



PREPARACIÓN DE TRATAMIENTOS SEGÚN FLOCULANTE

