



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**ADSORCION DE PLOMO(II) USANDO CARBÓN ACTIVADO
COMERCIAL COMO ADSORBENTE EN EL TRATAMIENTO DE
AGUAS CONTAMINADAS DEL LAGO JUNÍN, DEPARTAMENTO
DE JUNÍN**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
ACUÑA OJEDA BILLY WALTER**

**ASESORA
Dra. GALIA MANYARI CERVANTES**

HUANCAYO – PERÚ

2018

ASESORA

Dra. GALIA MANYARI CERVANTES

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, Walter Acuña Salas y Noemi Ojeda Núñez, y mis hermanos, Rudi, Erick y Jessica por el apoyo brindado para mi desarrollo personal y profesional para lograr mis objetivos, a ellos este proyecto.

AGREDECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mi familia, a mis docentes y colegas por compartir parte de sus conocimientos con mi persona, quienes contribuyeron en la conclusión de este proyecto, sin ellos hubiese sido difícil culminar esta tesis.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGREDECIMIENTOS	iv
INDICE DE CONTENIDOS	v
INDICE DE ABREVIATURAS	xii
INDICE DE CUADROS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xiv
INDICE DE GRAFICOS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1. Caracterización del problema.	19
1.2. Formulación del problema.....	22
1.2.1. Problema general.	22
1.2.2. Problemas específicos.	22
1.3. Objetivos.....	23
1.3.1. Objetivo general.	23
1.3.2. Objetivos específicos.....	23
1.4. Hipótesis.....	23
1.4.1. Hipótesis general.....	23
1.4.2. Hipótesis específicas.....	23

1.5. Justificación e Importancia de la investigación.	24
1.5.1. Justificación.....	24
1.5.2. Importancia.....	24
CAPÍTULO II	26
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	26
2.1. Marco Referencial.....	26
2.1.1. Antecedentes de la Investigación.....	26
2.2. Marco legal.	34
2.2.1. Leyes Ministeriales.....	34
2.2.1.1. Ley General del Ambiente. Ley N°28611.....	34
2.2.1.2. Ley de Recursos Hídricos. Ley N°29338.....	34
2.2.1.3. Ley General de Salud. Ley N°26842.....	34
2.2.1.4. Ley para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales. Ley N° 26821.....	35
2.2.2. Reglamentos.	35
2.2.2.1. D.S. N°068 – 2001 – PCM. Reglamento de la Ley de conservación y de aprovechamiento sostenible de diversidad biológica.....	35
2.2.2.2. Reglamento que modifica la Ley de Recursos Hídricos. D.S. N°001 – 2010 – AG.	36
2.2.2.3. Reglamento para la Protección ambiental en las Actividades Minero Metalúrgicas. D.S. N°016 – 93 – EM.....	36
2.2.2.4. Decreto supremo en el cual se aprueban los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero- metalúrgicas.	37
2.2.3. Norma técnica.	37

2.2.3.1. Norma de la Calidad Ambiental y Calidad de Descarga de Efluentes para el Recurso Agua.....	37
2.3. Marco conceptual.....	38
2.3.1. Conceptos Clave	38
✓ Carbón activado:.....	38
✓ Metales pesados:.....	38
✓ Plomo.....	38
✓ Adsorción.....	38
✓ Adsorbente.....	38
✓ Aguas residuales	39
✓ Cinética de adsorción.....	39
✓ Isoterma de adsorción.....	39
✓ Modelos de isotermas	39
2.4. Marco teórico.	40
2.4.1. Carbón activado.	40
2.4.2. Metales pesados.	40
2.4.3. Plomo.	41
2.4.4. Aguas residuales.....	41
2.4.5. Adsorción.	41
2.4.5.1. Principales variables que intervienen en el proceso de adsorción. ...	42
✓ Dosis del adsorbente.	42
✓ Optimización del pH.....	42
✓ Velocidad de Rotación.	42
✓ Influencia de la presencia de otros iones.....	43
2.4.6. Modelos cinéticos.....	43
✓ Modelo cinético de pseudo-primer orden.....	44
✓ Modelo cinético de pseudo-segundo orden.....	44
2.4.7. Isotermas de adsorción en equilibrio.....	45

✓ Modelo de Isotherma de Freundlich.....	45
✓ Modelo de Isotherma de Langmuir.	46
CAPÍTULO III	47
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	47
3.1. Metodología	47
3.1.1. Método	47
3.1.1.1 Ubicación del Lago Junín y puntos de muestreo.....	47
3.1.1.2 Materiales y Equipos.....	47
• Materiales.	48
✓ Fiolas con capacidades de 240, 100, 50 mL.....	48
✓ Pipetas de aproximadamente 10mL.	48
✓ Pro pipetas de goma.....	48
✓ Probetas de 100 mL.....	48
✓ Vasos de precipitación de capacidad igual a 250 mL.	48
✓ Varillas de tipo vidrio.....	48
✓ Papel filtro cuantitativo Whatman N°42.....	48
✓ Vaso licuador.	48
• Equipos.....	48
✓ Balanza analítica.....	48
✓ Agitador magnético modelo Q307 – 22P.	48
✓ Termómetro con escala de 0 a 150°C.	48
✓ pH-metro	48
3.1.2. Procedimiento para la ejecución del trabajo de Investigación	49
3.2. Hipótesis de la Investigación.....	49
3.2.1. Hipótesis General.....	49
3.2.2. Hipótesis Específicas.	50
3.3. Variables.....	50
3.3.1. Variable Independiente.....	50

✓ Potencial de hidrogeno (pH)	50
✓ Dosis de adsorbente	50
✓ Velocidad de Rotación	50
3.3.2. Variable Dependiente	50
✓ Capacidad de adsorción de iones plomo sobre carbón activado.	50
3.4. Cobertura del Estudio	50
3.4.1. Universo	50
3.4.2. Población.....	50
3.4.3. Muestra	51
3.4.4. Muestreo	51
3.5. Técnicas de la Investigación.	51
3.6. Procesamiento estadístico de la información.	51
3.6.1. Estadísticos.	51
3.6.2. Técnica de comprobación de la hipótesis.....	51
CAPITULO IV.....	52
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	52
4.1. Resultados obtenidos en la investigación.....	52
4.1.1. Concentracion inicial(ppm) de plomo en las muestras del Lago Junín, mes de junio 2017.	52
4.1.2. Concentraciones finales de Pb II después de la adsorción con carbón activado	53
4.1.3. Porcentaje de adsorción de plomo final mediante el empleo del método de jarras.....	54
4.1.4. Resultados del porcentaje de adsorción del plomo para ser procesados a nivel experimental.....	55

4.1.5.	Análisis de la normalidad del porcentaje de adsorción de plomo	56
4.2.	Análisis de varianza	57
4.2.1.	Formulación de Hipótesis	57
4.2.2.	Desarrollo del ANOVA.....	58
4.2.3.	Determinación del mejor tratamiento de adsorción de plomo.....	59
4.3.	Discusión de Resultados.....	60
4.3.1.	De los metales pesados.....	60
4.3.2.	Del pH	61
4.3.3.	De la velocidad de Rotación.....	61
4.3.4.	De la dosis de carbón activado.....	62
4.3.5.	Del proceso de adsorción.....	63
4.3.6.	De la cinética y las isotermas de adsorción.....	63
CONCLUSIONES		64
RECOMENDACIONES		65
BIBLIOGRAFÍA		66
ANEXOS		72
1.	Puntos de muestreo en el lago Junín por componente ambiental evaluado durante el año 2015.....	72
2.	Parámetros de calidad de agua analizados por el laboratorio responsable de los análisis.	73
3.	Métodos de análisis por parámetro en agua, utilizados por el laboratorio... 73	
4.	Parámetros de agua según estándares nacionales de calidad ambiental para categoría 4, conservación del ambiente acuático: lagunas y lagos.	74
5.	Resultados de los parámetros inorgánicos (metales totales) in situ del lago Junín, 2105.	74
6.	Resultados de plomo(Pb) total en agua superficial del lago Junín, 2105. ...	75

7. Distribución espacial de las concentraciones de plomo(Pb) total en aguas del lago Junín, 2015.	75
8. Resultados de los metales totales tomados del fondo del lago Junín.	76
9. Puntos de monitoreo de la calidad de agua del lago Junín.	76
10. Proceso de adsorción de plomo (II) sobre carbón activado	77
11. Trabajo experimental en la Compañía Minera Casapalca.	77
12. Equipos y Materiales.....	78
12.1. Equipo de prueba de jarras.....	78
12.2. Balanza analítica.	78
12.3. Agitador Magnético.....	78
12.4. Fiolas.	79
12.5. pH.	79
12.6. Pipetas.....	80
12.7. Vaso de Precipitación(300mL).....	80
13. Declaracion jurada de autenticidad y de no plagio.....	81

INDICE DE ABREVIATURAS

- MINAM:** Ministerio del Medio Ambiente.
- ECA:** Estándares de Calidad Ambiental.
- OEFA:** Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
- MINAM:** Ministerio del Ambiente
- ANA:** Autoridad Nacional del Agua

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°1: Puntos de monitoreo y concentraciones de plomo inicial en el Lago Junín.	51
Cuadro N°2: Concentraciones finales de plomo respecto a sus puntos de monitoreo y sus repeticiones respectivas	53
Cuadro N°3: Porcentajes de adsorción de plomo finales con sus respectivas repeticiones	54
Cuadro N°4: Matriz de resultados del porcentaje de adsorción de plomo para ser analizados por el modelo ANOVA	55
Cuadro N°5: Anova para los factores analizados y su correspondiente porcentaje de remoción de plomo	58
Cuadro N°6: Comparación múltiple de medias para el porcentaje de adsorción de plomo	59

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación del lugar donde se realizó el trabajo de Investigación. 47

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N°1: Comparación de los niveles de plomo de los puntos de monitoreo
con el ECA 52

Grafica N°2: Análisis de la distribución normal. 56

RESUMEN

En esta investigación se estudió el empleo de carbón activado comercial marca Merck para el tratamiento de las aguas contaminadas del Lago Junín, teniendo como variables independientes: Potencial de hidrogeno (pH), Dosis de adsorbente, Velocidad de rotación y como variable dependiente la capacidad de adsorción de plomo(II) sobre carbón activado. Para lo cual se tomaron cinco puntos de muestreo de las aguas del Lago Junín, haciendo un total de 40 muestras las mismas que fueron divididas al azar en 20 frascos aplicando sobre una de ellas la dosis de 0,05 gr de carbón activado, y sobre otra la dosis de 0,1 gramos de carbón activado, y en cada una de estas divisiones se trabajaron frascos con pH diferentes (6 y 8) para ser luego sometidas las distintas muestras a un agitador horizontal. El tratamiento estadístico de comparación múltiple fue realizado con el ANOVA de Fisher con tres factores y dos subniveles por factor y tres repeticiones.

El mejor tratamiento obtenido en la adsorción de plomo (II) fue a un valor de 0.05 g de dosis de adsorbente; con 100 rpm de velocidad de agitación y un pH de 8, llegando con ello a un porcentaje que oscila entre 88.5% y 91.8% de remoción.

ABSTRACT

In this research the use of Merck commercial activated carbon for the treatment of contaminated waters of Lake Junín was studied, having as independent variables: Hydrogen potential (pH), Adsorbent dose and rotation speed and capacity dependent variable of adsorption of lead (II) on activated carbon. To this end, five sampling points were taken from the waters of Lake Junín, making a total of 40 samples, which were randomly divided into 20 flasks, applying the 0.05 gr dose of activated carbon on one of them, and on Another was the 0.1-gram dose of activated charcoal, and in each of these divisions, bottles with different pHs (6 and 8) were processed and then the different samples were subjected to a horizontal agitator. The multiple comparison statistical treatment was performed with Fisher's ANOVA with three factors and two sub-levels per factor and three repetitions.

The best treatment obtained in the adsorption of lead (II) was at a value of 0.05 g of adsorbent dose; with 100rpm of agitation speed and a pH of 8, reaching a percentage that oscillates between 88.5% and 91.8% of removal.

INTRODUCCIÓN

En todas las actividades que realizamos los seres vivos influye muy significativamente la utilización del agua, ya que esta es muy importante para generar productos y también mantener en equilibrio nuestra salud y los ecosistemas que nos rodean.

Sin embargo, producto de estas actividades que realizamos día a día hemos ocasionado como resultado que los cuerpos de agua se contaminen progresivamente con el transcurrir de los años, ocasionando de esta forma la modificación en las características fisicoquímicas de los efluentes, trayendo como principal problema la desaparición de especies acuáticas y el daño irreversible a los ecosistemas que los albergan, ocasionando daños en la salud, esto debido a que las aguas se han convertido en inapropiadas para el consumo y el desarrollo de la biodiversidad.

Diversos estudios se desarrollaron gracias al avance científico, los cuales concluyen que los niveles de contaminación de los cuerpos de agua son ocasionados en mayor parte por los metales pesados disueltos en ella, que en su mayoría provienen de las actividades industriales que vierten sus efluentes contaminados con estos metales a los cuerpos de agua como lagos, ríos, los cuales ocasionan un desequilibrio ambiental y riesgos en la salud de todos los seres vivos. **(Meza, 2010).**

Los metales pesados como el plomo perjudican drásticamente los efluentes debido a la toxicidad de estos, aunque sean en concentraciones muy bajas y también porque no pueden biodegradarse tan fácilmente, por tal motivo los metales pesados ocasionan demasiado daño a nuestros organismos al ser ingeridos, ya que estos tienen la propiedad de bioacumularse en el interior de nuestro organismo. **(Meza, 2010).**

La agencia de protección ambiental ha informado que, para consumir agua potable, está debe estar en un límite máximo permisible de 0,001ppm, pues si consumimos agua que sobrepasen estos valores nos podrían ocasionar problemas muy graves en la salud por ser el plomo un metal muy toxico. **(Meza, 2010).**

Hoy en día se han desarrollado gracias a la tecnología diferentes métodos para remover los metales pesados de los efluentes contaminados tales como: la precipitación química, el intercambio iónico, la osmosis inversa y la adsorción. De ellos, la adsorción es un proceso que presenta mayores ventajas ya que retienen un 95% de iones metálicos. **(Son Kou, 2014).**

Para el proceso de adsorción se utilizan diversos tipos de adsorbentes tales como: arcillas, cascaras de frutas y los carbones activados. Los carbones activados son los adsorbentes más usados para extraer metales pesados de las aguas contaminadas de los efluentes, estos adsorbentes pueden obtenerse usando materias primas ricas en carbono, siendo activadas químicamente por ácidos y físicamente por vaporización, de estos procesos de activación dependerá mucho las propiedades físicas del adsorbente, que le otorgarán mayor superficie, porosidad y grupos superficiales efectivas para el proceso de adsorción. **(Meza, 2010).**

El trabajo de investigación aquí planteado tuvo como propósito la adsorción de plomo II con la utilización de carbón activado comercial, en muestras de aguas del lago de Junín, evaluando la dosis correcta del carbón activado, el tratamiento a pHs diferentes, y velocidades de remoción también diferentes para determinar la interacción de ellos y sugerir el mejor tratamiento de estas aguas que contienen plomo de valencia dos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Caracterización del problema.

El recurso agua, un elemento natural que se encuentra en mayor cantidad en el planeta, sin embargo, hoy en día la mayor preocupación es su inminente contaminación producida mayormente por residuos químicos y también por iones metálicos que se vierten en los efluentes y la contaminan drásticamente, esto ocasiona que desaparezcan los ecosistemas acuáticos, así como también las especies que habitan en ella. **(Vazquez, 2017)**.

Las actividades humanas contribuyen a que los metales pesados dañen el equilibrio ecológico causando problemas graves salud de la población, la forma en que se ha aportado grandes cantidades de metales pesados al ambiente acuático se debe a los metales pesados producidos en las actividades industriales que se vierten en los cuerpos de agua. **(Gama, 2013)**.

Las aguas residuales procedentes de la industria minera contaminan el agua con diversos metales pesados siendo estos muy tóxicos y bioacumulables para los organismos que los absorben, debido a que no pueden ser degradados

fácilmente por procesos biológicos ya que se transforman a través de procesos biogeoquímicos. **(Lecca, 2014).**

La intoxicación por plomo afecta al sistema nervioso, llega a dañar a las neuronas cerebrales, afecta a la médula ósea, provoca retardo mental y la pérdida de habilidades cognitivas, el principal problema de los metales pesados como el plomo es que no se eliminan y si se lograra eliminar es en muy baja concentración, al contrario tiene un efecto acumulativo en el ser humano, causando daños en los órganos como el hígado, el corazón, dañándolos internamente. **(Erostequi, 2009).**

En el tratamiento por intoxicación debido a la ingesta de agua contaminada con iones de plomo se practica lavado gástrico cuya eficiencia se comprueba con una radiografía de abdomen por ser el plomo radio - opaco, los quelantes para contrarrestar la intoxicación por iones plomo es el BAL, que se emplea a dosis de 3mg/kg vía intramuscular, también se administra EDTA cálcico sódico iniciada cuatro horas después a dosis de 935 mg en 500ml de suero repitiendo cada doce horas durante cinco días. **(Dufol, 2003).**

La contaminación del agua se supone que es debido al cambio climático y al mal manejo, utilización y cuidado de este recurso. Por tal razón en la actualidad se recurre a la ciencia para el desarrollo de nuevos métodos de tratamiento de los efluentes residuales, debido a que ríos, lagos y lagunas están siendo contaminados de manera rápida. **(Lau, 2007).**

Los tratamientos a los que se someten los efluentes deben de garantizar las condiciones mínimas del proceso para su reutilización, consiguiendo el nivel máximo admisible según la legislación mediante la utilización de diversas técnicas. **(Lau, 2007).**

La aplicación de métodos para el tratamiento de efluentes contaminados son muchos, debido a que las técnicas de tratamiento se han ido mejorando con el pasar del tiempo, habiendo mejoras en el diseño, en la efectividad, siendo las más utilizadas aquellas formas donde se trabaja en función de los contaminantes presentes en el agua residual (químico, físico y biológico). **(Fernandez, 2006).**

Diversas técnicas se han desarrollado como la sedimentación donde una partícula que tenga una densidad más alta que el agua descienda a la base del

sedimentador; la coagulación-floculación proceso que mejora la eficacia de eliminación de la materia en suspensión donde se busca desestabilizar el contaminante para que los metales pesados puedan sedimentarse; la precipitación química que consiste en la eliminación de sustancias al ser solubilizadas y removidas; el intercambio iónico donde se logra retener los iones de los contaminantes disueltos en los efluentes y los entrega a una disolución con un fuerte regenerante; y por último la adsorción que consiste en adsorber los metales pesados disueltos en un efluente sobre una superficie sólida. **(Alva, 2006).**

La adsorción se basa en adherir a la superficie sólida de un adsorbente, partículas de algunas sustancias como pueden ser metales pesados, eliminándolos de esta forma las sustancias indeseables de los efluentes. Esta técnica es muy utilizada en el tratamiento de efluentes residuales por causa de metales pesados y de las aguas residuales domésticas, también es muy apreciada como técnica de decoloración al convertir una sustancia decolorada en transparente al hacerse pasar por una columna empleando para el proceso un adsorbente como el carbón activado. **(Contreras, 1989).**

El adsorbente utilizado mayormente para el tratamiento de efluentes contaminados es el carbón activado, siendo las formas más utilizadas para depurar las aguas contaminadas, el carbón activado granular (CAG) que es utilizada para eliminar elementos traza, en especial los orgánicos, que resisten tratamientos biológicos, elementos que a pesar de estar en concentraciones bajas ocasionan fuerte contaminación; el carbón activado en polvo (CAP) que se emplea mayormente cuando el efluente contiene elementos orgánicos tóxicos. Estos dos tipos de carbones activados se añaden al efluente contaminado para su posterior tratamiento por el método que se ha de escoger, la estructura y propiedades del carbón activado se deterioran con el pasar del tiempo, por lo tanto debemos de cambiarlo y reponerlo con uno nuevo, el coste del adsorbente es muy importante tenerlo en cuenta para aminorar costos, por tal motivo es recomendable trabajar con adsorbentes de bajo costo que deriven de residuos sólidos orgánicos, teniendo diversas aplicaciones como en colorantes, metales pesados , etc. **(Fernandés, 2006).**

El lago Junín está ubicado en las regiones de Junín y Cerro de Pasco a 4100 metros sobre el nivel del mar, aquí se evidencia una contaminación muy marcada y un mal manejo que afectan severamente los ecosistemas y la biodiversidad acuática, causado por las actividades mineras realizadas por las compañías mineras “Volcán”, “ El Brocal”, etc., que vierten sus efluentes contaminados con relaves, metales pesados y aguas acidas , los cuales llegan a desembocar en el lago Junín por intermedio del rio San Juan. En la actualidad especies como el zambullidor (*Podiceps taczanowskii*), el Orestias(Challhua) y la rana gigante de Junín (*Batrachopyrnus macrostomus*) se encuentran casi extintas, debido a que el lago se encuentra en proceso de eutrofización, depredando la flora y fauna y dañando de forma irreversible sus ecosistemas. **(Arauzo, 2010).**

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general.

- ✓ ¿Cuál será la capacidad de adsorción de plomo(II) empleando carbón activado comercial como adsorbente en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín en la provincia Junín, departamento Junín?

1.2.2. Problemas específicos.

- ✓ ¿Cuál será la dosis apropiada de carbón activado comercial en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín en la provincia de Junín, departamento de Junín?
- ✓ ¿Cuál será la velocidad de rotación adecuada entre el adsorbente y el adsorbato en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín en la provincia de Junín, departamento de Junín?
- ✓ ¿Cuál será la influencia del pH en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín en la provincia de Junín, departamento de Junín?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

- ✓ Determinar la capacidad de adsorción de plomo (II) empleando carbón activado comercial como adsorbente en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín, departamento Junín.

1.3.2. Objetivos específicos.

- ✓ Determinar la dosis apropiada de carbón activado comercial en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín en la provincia de Junín, departamento de Junín.
- ✓ Determinar la velocidad de rotación adecuada entre el adsorbente y el adsorbato en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín en la provincia de Junín, departamento de Junín.
- ✓ Determinar la influencia del pH en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín en la provincia de Junín, departamento de Junín.

1.4. Hipótesis.

1.4.1. Hipótesis general.

- ✓ El uso de carbón activado comercial como adsorbente tendrá un efecto positivo y significativo en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín en la provincia Junín departamento Junín.

1.4.2. Hipótesis específicas.

- ✓ La dosis apropiada de carbón activado comercial que genere efectos positivos como adsorbente será de 0,05 gramos.
- ✓ La velocidad de rotación entre el adsorbente y el adsorbato tendrá influencia en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín.
- ✓ El pH influye significativamente en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín.

1.5. Justificación e Importancia de la investigación.

1.5.1. Justificación.

Se puede evidenciar que la disposición de aguas residuales provenientes de actividades industriales sin tratamiento alguno en los cuerpos de agua, producen daños muy severos a los ecosistemas acuáticos, ocasionando daños a las especies que la habitan y posteriormente su desaparición, habiendo por este motivo una gran preocupación. El incremento de metales pesados como el plomo en los efluentes dañan el equilibrio del ecosistema y de las especies que conviven en ella, debido que estos contaminantes se acumulan en el organismo de las especies acuáticas dañándolas y causando su muerte. La producción de plomo en las industrias ha expuesto a la población a este metal, controlándolos en los cuerpos de agua mediante métodos fisicoquímicos para minimizarla. Muchas industrias del sector minero preocupados por disponer las aguas tratadas con un mínimo índice de contaminación optan por diversos métodos de tratamiento. La adsorción es una técnica viable y muy utilizada en la actualidad para la remoción de iones metálicos debido a que se utilizan materias primas ricas en carbono siendo estas muy eficaces, lograr adsorber hasta el 99% de iones metálicos por su alta área superficial y su óptima porosidad superficial que los caracteriza.

1.5.2. Importancia.

Las industrias que utilizan plomo en sus actividades y vierten sus aguas contaminadas con iones metálicos de plomo sin tratamiento alguno originan la degradación de los cuerpos de agua y posteriormente la desaparición de las especies acuáticas, constituyendo una fuente muy grave de contaminación para el medio acuático y afectando también a los alrededores, el problema es evidenciado cuando la contaminación por plomo perjudica severamente al organismo de los seres vivos, debido a que el plomo se deposita en el esqueleto óseo y en los tejidos,

siendo los signos más comunes de intoxicación por plomo los gastrointestinales. **(Coudillas, 2005).**

Se sabe que los compuestos de plomo son muy tóxicos, siendo los más tóxicos los compuestos orgánicos produciendo en el hombre enfermedades que producen trastornos nerviosos, digestivos y renales. Esto debido a que el plomo es un metal muy venenoso que ocasiona efectos tóxicos a los organismos acuáticos, como por ejemplo en los peces les provoca alteraciones hematológicas, cuando se forma una película coagulante en sus tejidos. **(Coudillas, 2005).**

El adsorbente utilizado para este proceso resulta ser muy eficaz para la remoción de iones metálicos disueltos en los efluentes, ofreciendo óptimas ventajas, siendo el más recomendado el carbón activado, por que este se caracteriza por tener propiedades que le otorgan una elevada capacidad de adsorción haciéndolo muy eficaz. **(Cutíño, 2016).** Por todo ello la importancia que tiene la tesis de investigación es emplear el carbón activado para la adsorción de iones plomo en aguas contaminadas y aplicarla como posible tratamiento de efluentes mineros.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes de la Investigación

Según **(Ramos, 2016)**, en su investigación titulada: “Síntesis de carbón activado a partir de epicarpio de attalea macrolepis y su aplicación en la remoción de Pb^{2+} en soluciones acuosas”, se evaluó como adsorbente al epicarpio de Attalea macrolepis para la remoción de iones Pb^{2+} , se utilizó el epicarpio del fruto de la palma Coroba para preparar el carbón activado, para poder determinar el área superficial específica del carbón activado se realizó mediante la adsorción física del nitrógeno, el área superficial específica se tuvo que calcular por el método BET, obteniéndose carbones mesoporos, el volumen de poros se obtuvo por adsorción de nitrógeno con un volumen de $0.55 \text{ cm}^3/\text{g}$ siendo excelentes para la adsorción. Se utilizó un sistema en lotes para conocer la capacidad de adsorción, para ello se emplearon balones de destilación de 100 ml que contuvieron una cierta cantidad de masa de carbón activado y soluciones de iones plomo a diferentes pHs.

El pH es un factor importante e influyente en la adsorción de iones metálicos pues el pH condicionaba la presencia de las especies de

plomo y también condicionaba la superficie del adsorbente, a valores de pH entre 1 - 6, la especie dominante fue el Pb^{2+} y a valores de pH superiores se observó la formación de $PbOH^+$. Al evaluar la adsorción de iones Pb^{2+} con diferentes cantidades de adsorbente, se observó un incremento en la masa de adsorbente de 10 mg a 150 mg en el porcentaje de adsorción de iones Pb^{2+} de un 33% a un 70%. El tiempo para lograr el equilibrio es uno de los parámetros cuando aplicamos carbón activado en el tratamiento de aguas contaminadas con iones metálicos, en este estudio se varió el tiempo alcanzándose un equilibrio en la adsorción a los 60 minutos siendo este el tiempo óptimo con un 72.8% de remoción. En cuanto al proceso de adsorción a diferentes concentraciones iniciales, se observó que a concentraciones bajas de 1 y 2 mg/l de Pb^{2+} obteniendo un porcentaje de adsorción de 99.6% y 96.1%, pero a partir de 5 mg/l de Pb^{2+} el porcentaje de adsorción disminuye hasta alcanzar un mínimo de 15.3%, esto debido a que si empleamos 150 mg de carbón activado con un tiempo de contacto de 60 min se extrae casi el 100%, el estudio mediante FTIR demostró la presencia de grupos hidroxilos y del ion carboxilato, siendo este último el que estimula la adsorción de iones metálicos. Para conocer el grado de efectividad de adsorción usando *attalea macrolepis* se utilizó el modelo de Langmuir obteniéndose un coeficiente de correlación cercano a 1 indicando que la adsorción fue óptima. El modelo de Freundlich evidencia que el adsorbente posee una distribución de sitios activos heterogéneos. Mediante el modelo Dubinin-Radushkevich se demuestra que el carbón activado preparado puede ser aplicado con éxito en la remoción de iones Pb^{2+} en aguas que contengan concentraciones menores a 2mg/l.

Según **(Ortega, 2011)**, en su investigación titulada: "Remoción de Pb^{2+} en disolución acuosa sobre carbón activado en polvo: estudio por lote", para este proyecto se tuvo que evaluar la capacidad y el porcentaje de adsorción de un carbón activado comercial para remover iones plomo sobre una disolución acuosa, realizándose muchos experimentos en

lotes, usando una cantidad específica de adsorbente en contacto con la muestra contaminada con iones plomo, manteniéndola suspendida por agitación hasta alcanzar el equilibrio. También se estudió los efectos de la dosis de adsorbente y la concentración inicial a pH y con una temperatura constante. Posteriormente se utilizaron las isothermas de Langmuir y Freundlich para ajustar los datos de equilibrio. Se observó que, si aumentamos la concentración inicial de plomo, disminuirá el porcentaje de remoción aumentando así la capacidad de adsorción. Esto se debe a que hay mayores sitios activos disponibles para la adsorción porque están en bajas concentraciones, por lo tanto, existe remoción en las soluciones de iones registrando porcentajes de remoción superiores. El proceso de adsorción se da entre una fase sólida y líquida, siendo disueltos en ella los iones plomo que se remueven. Al establecerse la atracción entre los iones metálicos y la superficie sólida del adsorbente se establece una afinidad hasta alcanzar el equilibrio entre los dos, que se describen mediante las isothermas de adsorción de los iones removidos y los que permanecen en la disolución hasta alcanzar el equilibrio sobre el efecto de la dosis de adsorción, evidenciándose que el incremento del porcentaje de remoción de plomo se debe al aumento de la dosis del adsorbente esto debido a los sitios activos que logran aumentar la masa del carbón y por lo tanto los iones de plomo se adhieren a la superficie del material adsorbente. Se concluyó que el carbón activado tiene como principal característica una superficie extensa que le brinda un gran número de grupos funcionales ácidos para poder fijar los iones plomo.

Según **(Colpas, 2015)**, en su investigación titulada, “Análisis del desarrollo textural de carbones activados preparados a partir de zuro de maíz”, afirma que los carbones activados se obtuvieron a partir del zuro de maíz utilizando el proceso de carbonización, activándolo mediante el empleo de ácido fosfórico y oxidándolo empleando ácido nítrico. Para la obtención del carbón activado, lo impregnaron con ácido ortofosfórico a una agitación de 4,5 horas, posteriormente se filtraron las muestras,

secándolos a 105 °C por 24 horas. Lavándolo con abundante agua hasta obtener una conductividad similar a la del agua destilada, secándolo después a 105°C por un tiempo promedio de 12 horas. El análisis próximo ayudo a determinar el porcentaje de humedad entre la ceniza y el carbono fijo. La determinación de carbono e hidrogeno se obtuvo por proceso de pirolisis de los carbones activados. Para poder determinar el pH se mezcló 1g de carbón con 20 ml de agua destilada en recipientes de vidrio por 24 horas y a temperatura de ambiente. El proceso de carbonización revela un aumento optimo del contenido de carbono de 47% a 74% disminuyendo también la cantidad de oxígeno e hidrogeno, esto gracias al efecto del ácido fosfórico eliminando el oxígeno y el hidrogeno en forma de agua. Para los carbones activados con ácido nítrico la mayor parte del área superficial predominante fue microporosa debido a los óxidos de carbono que originaron poros de mayor tamaño aumentando debido a ello su porosidad y su área superficial. Las isotermas de adsorción demuestran que el porcentaje de volumen son superiores concluyendo que la superficie de las muestras son microporosas. Por lo tanto, en estos carbones activados predomina los grupos funcionales ácidos en su superficie, que son muy importantes para la adsorción de iones metálicos.

Según **(Albis, 2016)**, en su investigación titulada: “Remoción de plomo de soluciones acuosas usando cascara de yuca modificada con ácido cítrico”, se estudió el efecto de la concentración de plomo mediante un espectrofotómetro. Para poder determinar el pH de las muestras se llegó a usar un pH-metro. La biomasa de la cascara de yuca se mezcló con ácido cítrico por agitación constante a un tiempo de contacto de 2 a 4 horas a 40°C y 80°C de temperatura, el pH de las muestras se controló con una solución buffer con pH de 5, agregándole el 1% del peso en ácido sulfúrico para acelerar la reacción. Para el análisis de remoción se puso en contacto una cantidad de 0.2 g del adsorbente con 21 mg/l de ácido cítrico y 80 mg/l de nitrato de plomo. Después la solución obtenida se filtró y se le extrajo 100 mL para almacenarlo en un tubo eppendorf,

agregándole 20mL de una solución de galio para agitarlo por un minuto en el vortex. La muestra de biomasa se introdujo a un espectrofotómetro donde se pudo medir la concentración de plomo. Obteniéndose un porcentaje de remoción de 95% y una capacidad de adsorción de 7.20 mg/g y obteniendo una desviación estándar de 5.6, deduciendo así que la capacidad de adsorción del adsorbente en estudio se da de manera óptima. Se obtuvo un resultado favorable para la cascara de yuca modificada cuando se usó ácido cítrico como activante, donde ello nos dio como resultado un aumento en el proceso de adsorción de plomo de 99% a comparación con la cascara sin modificar. También se pudo deducir que la modificación de la cascara de yuca con ácido cítrico fue efectiva así demuestra el estudio en el espectro de FTIR, donde se evidencio el proceso de esterificación. El adsorbente que en este caso fue la cascara de yuca modificada con el ácido cítrico resulto ser optimo en la remoción de plomo, obteniéndose un porcentaje de remoción de 99% con un tiempo de equilibrio entre los 20 a 25 minutos. Por lo tanto, la influencia de la concentración del adsorbente es un factor importante en las pruebas de remoción de iones plomo, debido a que la remoción de iones metálicos es más alta cuando se utiliza soluciones de plomo a bajas concentraciones. La cinética de adsorción de plomo fue de Pseudo segundo orden siendo un proceso de quimisorcion.

Según **(Kou, 2010)**, en su Investigación titulada: “Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con ácido fosfórico”, se planteó el uso de astillas de eucalipto como materia prima, activándola con ácido fosfórico para obtener el carbón activado, su área superficial y su distribución superficial, también se utilizaron las ecuaciones de Brunauer-Emmett-Teller y de Dubinin-Radushkevich para la determinación del volumen de microporos. Las pruebas de adsorción de iones plomo se hicieron en un sistema de tipo batch usando 50 mg del adsorbente con 50 ml de la solución de plomo elaborada con un tiempo de contacto por tres horas a temperatura de ambiente, en un agitador múltiple a 500 rpm de velocidad de rotación y un pH de 5.

Finalizado la fase de adsorción se separaron por filtración evaluando luego la concentración de plomo en las soluciones utilizando el equipo Perkin Elmer AAS 3100. Para evaluar la influencia del pH se cambió el pH de un rango de 2 a 9 utilizando soluciones de HNO₃ a 0,1 M y NaOH a 0,1 M, para determinar las isothermas de adsorción se variaron las concentraciones iniciales de 50 a 500 mg/l, para determinar la cinética de adsorción se utilizaron diferentes intervalos de adsorción a tiempos diferentes los que fueron separados usando pequeñas alícuotas para la determinación del contenido de plomo. El análisis textural de los carbones activados se asocia a las formas de las isothermas que son muy similares y presentan características asociadas, indicando que el carbón activado tiene una estructura micro y mesoporosa. Se demostró que la temperatura de activación tiene una influencia muy significativa en el desarrollo de los mesoporos, ya que a una temperatura mayor a 500°C se desarrollan más los mesoporos, también se evidenció que al aumentar la temperatura de carbonización se obtiene una mayor área superficial. Para la temperatura de activación se aprecia que, al incrementar la temperatura de 400 a 600°C la capacidad de adsorción aumenta, pero a una temperatura de 700°C el proceso de adsorción se invierte obteniendo una disminución en la capacidad de adsorción por el cambio en la porosidad por acción del efecto térmico, lo que afectaría la difusión en el proceso de adsorción del plomo. Con la influencia del pH inicial sobre la remoción de plomo a diferentes concentraciones iniciales, se observó que la cantidad de plomo adsorbido se incrementa con los valores del pH, obteniéndose máximas adsorciones en un rango de pH 4, para un pH mayor a 5 la adsorción decrece, pero a un pH de 5,7 el plomo se precipita como Pb(OH)₂. El modelo cinético para el proceso de adsorción que mejor se adecuó a esta investigación fue el de pseudo segundo orden, el cual nos indica que el proceso de adsorción fue de tipo quimisorción. El modelo propuesto por Langmuir demuestra que el estudio de la adsorción se realizó en solo una capa y el estudio

termodinámico indica que fue factible el proceso de adsorción, lográndose adsorber un 99,9% de plomo de efluentes industriales.

Según **(Sun-Kou, 2014)**, en su trabajo de investigación titulada: “Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semilla de aguaje”, se planteó el uso de semilla de aguaje como material precursor la cual fue activada con ácido fosfórico obteniendo 0,75 g y 1,0 g de razón de impregnación de H_3PO_4/g precursor siendo filtrado y colocado en una estufa a 85 °C por 24 horas. Para la caracterización del carbón activado se empleó la titulación Boehm, pesando 0,25 mg de carbón activado y mezclándolo con 50 ml, agitándolo durante 24 horas a temperatura de ambiente, siendo separada por filtración posteriormente. El proceso de adsorción se determinó con ensayos cinéticos, obteniendo un tiempo de equilibrio para la adsorción de iones plomo de dos horas, realizándose las isotermas con un tiempo de contacto de cuatro horas. Los ensayos de adsorción se realizaron a temperatura de ambiente con concentraciones iniciales del adsorbato de 2 - 80 ppm para el plomo. El estudio de pH de la solución de plomo se realizó variándolo de 2 - 5, para ello se colocó diferentes viales 15 mg de carbón activado con 20 ml de la solución a distintas concentraciones del metal. Las isotermas de adsorción de nitrógeno muestran una buena distribución de poros del adsorbente como materiales micro y mesoporosos, se demostró que aumentando el grado de impregnación se incrementa la superficie específica con una disminución de la mesoporosidad, demostrándose una distribución de poros heterogénea obteniendo una mayor área mesoporosa, en ambos casos el diámetro promedio de poros fue de 2,6 nm. La forma de la curva cinética indica un ascenso lento hasta alcanzar las condiciones de equilibrio, ajustándose al modelo de pseudo segundo orden demostrándose así que el proceso de adsorción es de tipo química. En la preparación del carbón activado la razón de impregnación y la temperatura de activación son factores que influyen significativamente en sus características fisicoquímicas finales del carbón activado.

Según **(Arroyo, 2008)**, en su trabajo de investigación titulada: “Preparación, caracterización de carbones activados con KOH y H₃PO₄ y su aplicación en la adsorción de Pb(II)”. Esta investigación se basó en la preparación de un adsorbente a base de tallos de eucaliptos para así poder obtener el carbón activado, siendo el adsorbente preparado por activación química con soluciones de ácido fosfórico y ácido cítrico. En la obtención del adsorbente fue utilizado la impregnación de materia prima por vía húmeda con KOH, seguido de un proceso de carbonización en un reactor de lecho fijo. Para la obtención de carbón activado con H₃PO₄, se realizó por el proceso de carbonización en un reactor de lecho fijo a 400, 500 y 600°C. Todas las pruebas de adsorción de iones plomo se realizaron en un sistema del tipo batch, donde se evaluó los efectos de la concentración de plomo en un rango de 16 a 240 mg/l. El análisis morfológico demostró que el carbón activado con H₃PO₄ presento mayor tamaño de partícula, poros más grandes y heterogéneos en comparación con el carbón activado con KOH que presentaba menor tamaño de partícula y mayor microporosidad. Para el análisis de la influencia de pH en la capacidad de adsorción de plomo sobre carbón activado se concluyó que, a concentraciones de plomo de 40, 80 y 160 mg/l hay una tendencia ascendente en la capacidad de adsorción por el incremento de los valores de pH de la solución, logrando una mayor adsorción. A un pH igual a 2, y a concentraciones de 40 – 160 mg/l, la capacidad de adsorción es baja demostrando que la superficie del adsorbente y los iones plomo se encuentran positivamente cargados, ocasionando una repulsión electrostática sobre la carga positiva del catión y los iones de Pb. Por otro lado, se evidenció un incremento en la capacidad de adsorción a valores de pH mayores a 7.

2.2. Marco legal.

2.2.1. Leyes Ministeriales.

2.2.1.1. Ley General del Ambiente. Ley N°28611.

Según esta ley todas las personas tenemos el derecho de poder vivir en un ambiente saludable y a la vez adecuado para desarrollar de manera armónica nuestra vida, además tenemos el deber de participar en la gestión ambiental con el objetivo de proteger el ambiente que nos rodea, para asegurar la salud de las personas, conservar la biodiversidad y lograr el aprovechamiento sostenible de todos los recursos naturales, mediante la aplicación de todas las políticas públicas con la intención de prevenir los riesgos y los daños que se puedan causar al medio ambiente, fortaleciendo de esta manera el desarrollo del país.

2.2.1.2. Ley de Recursos Hídricos. Ley N°29338.

Esta ley afirma que el agua es un recurso muy indispensable para el desarrollo de la vida, siendo de interés y necesidad de todos gestionar íntegramente el recurso hídrico para poder lograr un manejo eficiente de las cuencas hidrográficas, de tal forma que se asegure su calidad, garantizando la satisfacción de las generaciones futuras. También se establece en esta ley la autorización de vertimientos que han sido tratadas posteriormente siendo estas supervisadas por el ANA, habiendo antes una opinión técnica favorable de los ministerios ambientales y de salud. En los casos que exista vertimientos que puedan afectar la calidad del agua, la autoridad nacional dispondrá medidas de minimización en los riesgos de la calidad del agua mediante el uso de tecnologías, hasta la suspensión de las autorizaciones de uso del recurso agua.

2.2.1.3. Ley General de Salud. Ley N°26842.

La ley nos informa que todas aquellas empresas que administren actividades de extracción y de producción, tienen la importante

obligación de adoptar todas las medidas que sean necesarias para garantizar la buena salud del ambiente y a la misma vez de sus empleados. Las condiciones de higiene que deben tener las instalaciones, maquinarias y equipos de trabajo que se relacionan con las actividades de extracción están a las disposiciones que dictan la autoridad de salud. Siendo las condiciones higiénicas acordes con las actividades a realizarse en cualquier centro de trabajo.

2.2.1.4. Ley para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales. Ley N° 26821.

En esta ley se estableció que todos los recursos naturales existentes en la naturaleza deben aprovecharse de una manera que los recursos no se agoten y lograr su sostenibilidad, esto conlleva a que el manejo de los recursos sea de manera racional logrando de esta manera que tenga una capacidad de renovación efectiva, y ello solo se logrará evitando la sobreexplotación de los recursos y cada vez que sea aprovechado habrá que reponerlos cualitativa y cuantitativamente.

2.2.2. Reglamentos.

2.2.2.1. D.S. N°068 – 2001 – PCM. Reglamento de la Ley de conservación y de aprovechamiento sostenible de diversidad biológica.

El contenido de esta norma está enfocado y desarrollado con el óptimo y eficiente aprovechamiento de todos aquellos recursos naturales que se pueda encontrar en el ambiente, todo ello mediante un orden estratégico ambiental teniendo como principal objetivo la realización de un plan integral basado en estrategias para poder utilizar de manera sostenible todos los recursos naturales logrando el desarrollo de la inversión en investigaciones relacionados a las actividades productivas, integrando para todo ello el uso de la biotecnología.

2.2.2.2. Reglamento que modifica la Ley de Recursos Hídricos. D.S. N°001 – 2010 – AG.

Este decreto supremo que reglamenta a la ley de recurso hídrico es aplicable en todas las entidades ya sean del sector público como del privado de todo el país que ejercen competencias respecto al regulamiento eficaz de la utilización del recurso agua, así también la gestión sostenible y la administración adecuada de los recursos hídricos que están comprendidas entre el agua superficial y subterránea siendo estas arregladas a las disposiciones que contiene la ley de Recursos Hídricos.

2.2.2.3. Reglamento para la Protección ambiental en las Actividades Minero Metalúrgicas. D.S. N°016 – 93 – EM.

El presente decreto supremo que reglamenta la protección del ambiente para todas las actividades minero metalúrgico nos establece que hay que realizar acciones para prevenir y controlar el medio ambiente, para que el desarrollo de las actividades minero metalúrgicas sean de forma armónica y que lleven al buen cuidado del ambiente, mediante su protección, asegurando minimizar los riesgos que resulten de aquellos agentes nocivos que se generan en todas las actividades minero metalúrgicas, mediante el empleo de EIAs y PAMAs ya que estos establecen las normas y metas cuantificables, que posteriormente pueden ser auditadas por las entidades correspondientes que están inscritas en el registro del Ministerio de Energía y Minas con el objetivo de supervisar que las empresas no puedan sobrepasar los límites máximos permisibles y logrando así el desarrollo y empleo de nuevos métodos y técnicas para el tratamiento de los agentes contaminantes para el mejoramiento del medio ambiente.

2.2.2.4. Decreto supremo en el cual se aprueban los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas.

El decreto supremo expuesto habla sobre el establecimiento de como determinar los parámetros de los límites máximos permisibles - LMPs, siendo estos límites compuestas por el ente competente, que para este caso será el Ministerio del Ambiente, siendo el cumplimiento de estos límites máximos permisibles exigidos en su totalidad mediante la promulgación de leyes que emiten los organismos conformantes del Sistema Nacional de Gestión ambiental. Siendo la autoridad que ejerce competencia para estas funciones el ministerio de energía y minas mediante la evaluación y aprobación de instrumentos de gestión ambiental para las actividades minero metalúrgicas que compete a la gran y mediana minería.

2.2.3. Norma técnica.

2.2.3.1. Norma de la Calidad Ambiental y Calidad de Descarga de Efluentes para el Recurso Agua.

La norma establece que podamos prevenir, controlar la contaminación del medio ambiente, de manera que podamos proteger y gestionar de forma eficiente la utilización del recurso agua, estableciéndose para ello principios básicos y de enfoques generales para así poder controlar la contaminación en los cuerpos de agua; por lo tanto debemos conocer aquellos criterios como el tipo de calidad en que se encuentran las aguas para sus distintas utilidades; conocer que sus límites máximos permisibles estén acorde con los reglamentos y su posterior disposición para descargas en los cuerpos de aguas. El control de la contaminación para los cuerpos de agua se deberá realizar con un elaborado plan de manejo ambiental.

2.3. Marco conceptual.

2.3.1. Conceptos Clave

- ✓ **Carbón activado:** Material poroso de gran área superficial interna, que se caracteriza principalmente por poseer una superficie interna muy desarrollada y tener una distribución selectiva en su porosidad, siendo estas propiedades las que le permiten adherir a su superficie una gran diversidad de moléculas. **(Henning y Schäfer, como se citó en (Padrón, 2013))**.
- ✓ **Metales pesados:** Elementos de alta conductividad térmica que en condiciones biológicas reaccionan formando cationes, como los iones metales del plomo que podemos encontrarlos en forma simple o natural en el suelo, el cual ocasiona daños muy severos, pero cuando estos entran en contacto con el agua se convierten en sales tóxicas las cuales liberan en el agua sus iones, y todo ellos llegan a los cuerpos de agua debido a las actividades industriales que diariamente realizamos, convirtiendo de esta forma a los efluentes contaminados, en contaminantes nocivos para la salud humana. **(Cornelis y Nordberg, como se citó en (Guadalupe, 2010))**.
- ✓ **Plomo:** Es un metal pesado que ocasiona efectos tóxicos y nocivos sobre la salud porque es bioacumulable por lo que su concentración en plantas y animales se agudiza a lo largo de la cadena alimenticia. **(Gutiérrez, 2004)**.
- ✓ **Adsorción:** Fenómeno fisicoquímico que se caracteriza por separar los componentes de una mezcla con un adsorbente, durante la adsorción de un soluto en disolución sus partículas se adhieren sobre la superficie de otro material, a la sustancia absorbida se le denomina adsorbato, pero a la superficie sólida donde ocurrirá la adsorción se le denomina adsorbente. **(Tubert, 1997)**.
- ✓ **Adsorbente.** Son materiales sólidos naturales o sintéticos que debido a su proceso de fabricación aseguran un gran desarrollo

superficial del adsorbente y logrando aumentar su porosidad y así también una efectiva adsorción todo ello debido al equilibrio que se logra en cada una de sus fases. **(Dabrowski como se citó en (Garza, 2013).**

- ✓ **Aguas residuales.** Son aquellos efluentes que han logrado modificar la calidad de sus aguas, ello debido a las actividades humanas que las contaminan con químicos y metales pesados, de tal manera que puedan ser muy peligrosas si las consumimos ya que pueden causar daños en la salud por lo tanto deben ser desechadas por contener gran cantidad de sustancias y microorganismos tóxicos, que causan daños severos en aquellos cuerpos de agua que son vertidas sin tratamiento previo. **(García, 1985).**
- ✓ **Cinética de adsorción.** La evaluación de la cinética en el proceso de adsorción tiene el objetivo de describir la velocidad de adsorción que se da entre el adsorbato y el adsorbente para determinar el equilibrio alcanzado en un determinado periodo de tiempo. Siendo los modelos más aplicados para el estudio de la cinética el de pseudo-primer orden y pseudo-segundo orden. **(Yesid, 2010).**
- ✓ **Isoterma de adsorción.** La isoterma de adsorción es aquella relación de equilibrio entre las concentraciones alcanzadas en la fase fluida y las partículas del adsorbente, teniendo en cuenta una temperatura determinada. En la adsorción de un soluto contenido en un líquido, la concentración esta expresada en unidades de masa o en unidades molares. **(Medina, 2013).**
- ✓ **Modelos de isotermas.** Es la representación de las cantidades de los contaminantes como pueden ser los metales pesados (mg) que se pueden retener en cualquier adsorbente (g), mediante estos modelos se pueden ir describiendo si existe interacción entre el adsorbato y el adsorbente carbonoso. **(Sun-Kou, 2014).**

2.4. Marco teórico.

2.4.1. Carbón activado.

El carbón activado tiene que ser un producto de estructura cristalina donde se pueda desarrollar un área superficial extensa, logrando tener una estructura porosa, todo ello debido a que se desarrolla una mayor cantidad de átomos en su superficie que optimiza el proceso de adsorción gracias a su activación que es la encargada de multiplicar el área superficial y la estructura porosa del carbón activado que lo diferencia significativamente de un carbón vegetal. **(Marcos, 2010).**

2.4.1.1. Propiedades del Carbón Activado

La principal propiedad que el carbón activado nos brinda es su fuerte capacidad de adsorción de moléculas contaminantes, esto gracias a que logra tener mayor superficie interna, logrando desarrollar una gran porosidad en su estructura. Existen muchos tipos de estructuras porosas: los microporos que son los que le otorgan una gran área superficial, obteniéndose por ello una mayor capacidad en la retención de moléculas, los mesoporos y macroporos que se encargan en retener los contaminantes tales como las fenilaminas y los coloides, de manera que se puede ir favoreciendo la rápida adhesión de las moléculas a la superficie interna del adsorbente. **(Marcos, 2010).** La capacidad de adsorción del carbón activado se ve influenciada en su superficie que se ve demostrado por su elevado y variado grado de porosidad, constituyendo un aspecto importante en la química superficial del absorbente. Muchos investigadores establecen que la capacidad de adsorción de los adsorbentes no está determinada solo por sus características texturales, sino también por los grupos químicos existentes en él. **(Hernandez, 2016).**

2.4.2. Metales pesados.

Los metales pesados son elementos que bajo condiciones biológicas reaccionan perdiendo sus electrones formando así cationes, y estos

generan la contaminación y toxicidad de los cuerpos de agua, cuando son liberados al ambiente por las actividades humanas contaminando de esta manera la superficie del suelo, modificando las propiedades del aire y la estructura fisicoquímica del agua. **(Reyes, 2007).**

2.4.3. Plomo.

Desde hace mucho tiempo, este metal ha sido muy utilizado para las actividades humanas, siendo fácilmente detectable en el medio ambiente que nos rodea y en todos los sistemas ecológicos y biológicos. El nivel del plomo que se encuentra en la superficie terrestre ha ido aumentando mil veces por cada año en estos últimos tres siglos, esto es debido a las actividades industriales que generamos día a día. El plomo se caracteriza porque puede formar variedades de sales tóxicas, así como también óxidos y compuesto metálicos que dañan severamente el ecosistema. **(Ruiz, 2011).**

2.4.4. Aguas residuales.

Las aguas residuales se caracterizan por que su estructura física han sido alteradas con el transcurrir del tiempo, debido a la disolución de contaminantes en ellas , ocasionado por las actividades humanas realizadas diariamente y estas aguas para poder nuevamente ser aptas para el consumo requieren de un tratamiento previo, que lo convertirán en aguas útiles ya sea para consumo o hábitat de especies, también para verterlas a los cuerpos naturales de agua o descargarlas al sistema de alcantarillado. Las aguas residuales industriales son el resultado de los procesos productivos que desarrollamos diariamente, como la actividad minera. **(Ambiental, 2014).**

2.4.5. Adsorción.

La adsorción es un fenómeno fisicoquímico, utilizada eficazmente en la eliminación de contaminantes mediante la separación de componentes dañinos que contiene la mezcla contaminada, ello basado en los grados de interacción de cada compuesto con un adsorbente, durante la

adsorción de un soluto sus partículas se logran acumular sobre la superficie de otro material denominado adsorbente. **(Tubert, 1997).**

2.4.5.1. Principales variables que intervienen en el proceso de adsorción.

✓ **Dosis del adsorbente.**

La influencia de la dosis del adsorbente para determinar si es óptimo el porcentaje de adsorción de iones plomo y por ende la existencia de una gran capacidad de adsorción en el equilibrio, demuestra que al aumentar la dosis, se obtiene un aumento del porcentaje con que se adsorbe el plomo, esta tendencia es debido a que el adsorbente puede tener mayor disponibilidad de sitios activos, ya que al aumentar la dosis de algún adsorbente, entonces se podrá fijar una mayor cantidad de iones metálicos en la superficie de cualquier adsorbente, por consiguiente, la capacidad de adsorción en el equilibrio disminuye cuando se disminuye la dosis del adsorbente debido mínimas, los sitios activos del adsorbente resultan expuestos. (Gupta; como se citó en (Sun-Kou, 2014)).

✓ **Optimización del pH.**

Diversos estudios han demostrado que el pH es un factor importante e influyente en la adsorción de iones metálicos, debido a que el pH condiciona la superficie del material adsorbente, de manera que la adsorción de iones debe darse en un pH estándar y que es importante establecer el rango de pH óptimo con ensayos de adsorción. **(Caccin y Prado; como se citó en (Ramos, 2016)).**

✓ **Velocidad de Rotación.**

La velocidad de rotación para lograr el equilibrio entre el adsorbato y el adsorbente es uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta al momento de aplicar el carbón activado en el tratamiento de las aguas contaminadas, para ello es importante

evaluar el efecto que produce la velocidad de rotación en el proceso de adsorción de iones plomo sobre carbón activado, hasta lograr alcanzar el equilibrio en la adsorción para comprobar si hubo cambios o no en los porcentajes de adsorción de iones plomo en ciertos intervalos de tiempo.**(Rao; como se citó en (Ramos, 2016))**.

✓ **Influencia de la presencia de otros iones.**

Cuando realizamos un análisis del tipo químico en la estructura del efluente contaminado se puede evidenciar que aparte de tener iones plomo para este caso del efluente, también se puede evidenciar el contenido de iones de calcio, potasio, sodio que al momento de realizar el proceso de adsorción también logran tener un efecto muy selecto y competidor influyendo así en el proceso de adsorción de iones plomo como contaminante, en consecuencia se observa que los iones del calcio al tener la misma carga que los iones del plomo y similares características estarían compitiendo para poder saber cuál de los dos influye más en el proceso, siendo ello más notorio cuando existe el intercambio iónico sobre la superficie del adsorbente que para este caso sería el carbón activado. **(Kou, 2010)**.

2.4.6. Modelos cinéticos.

Los modelos cinéticos permiten determinar para el proceso de adsorción el grado de separación que podríamos lograr con respecto a la concentración del soluto, siendo para ello necesario poder establecer el equilibrio, por medio del uso de coeficientes para determinar si hubo o no transferencia de masas, para poder conocer el tiempo óptimo y la velocidad necesaria que servirán para alcanzar dicha separación del proceso de adsorción. **(Ochoa, 1995)**.

- **Modelo cinético de pseudo-primer orden.**

Este modelo cinético, se basa en que debemos asignarle un sitio en el adsorbente a los iones metálicos cuando realicemos el proceso de adsorción. **(Giraldo & Moreno como se citó en (Albis, 2016))**.

Las ecuaciones resultantes son:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \dots \dots \dots (1)$$

$$q_t = q_e * (1 - e^{-k_1 t}) \dots \dots (2)$$

En donde q_t (mg/g) representa la cantidad que se adsorbió en un intervalo de tiempo t , q_e (mg/g) representa la cantidad de iones que se adsorbió cuando se llegó al equilibrio y al $k_1 t$ se le denomina como la constante de velocidad cinética de pseudoprimer orden. **(Akzu, Z. cómo se citó en (Albis, 2016))**.

La ecuación que se tiene es:

$$\ln\left(1 - \frac{q_t}{q_e}\right) = -k_1 t \dots \dots (3)$$

- **Modelo cinético de pseudo-segundo orden.**

Este modelo cinético de pseudo-segundo orden demuestra que la adsorción se realiza en dos sitios activos del adsorbente sobre el adsorbato. **(Akzu, Z. cómo se citó en (Albis, 2016))**.

La ecuación del modelo se expresa como:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \dots \dots (4)$$

De donde k_2 , representa para este caso la constante de velocidad cinética de pseudo-segundo orden (mg/g. s), desarrollando la

ecuación mediante integración y linealizándolo se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots\dots\dots(5)$$

2.4.7. Isotermas de adsorción en equilibrio.

La adsorción en superficies solidas que tengan características porosas se verá siempre afectadas por factores como la temperatura del ambiente, la presión, el pH de la solución y los tipos de tamaños de partículas. Experimental y matemáticamente este proceso de adsorción cuando se encuentra en equilibrio se trabaja a temperaturas constantes obteniendo como resultado las ecuaciones que describirán el proceso mencionado, estas ecuaciones están denominadas como isotermas de adsorción. **(McKay como se citó en (Albis, 2016)).**

- **Modelo de Isooterma de Freundlich.**

Este modelo describe el equilibrio que existe entre las superficies heterogéneas sin asumir que exista alguna capacidad en la adsorción en solo una capa. La ecuación será la siguiente: **(Giraldo & Moreno como se citó en (Albis, 2016)).**

$$q_e = k_F * C_e^{1/n} \dots\dots\dots(6)$$

Linealizando se tiene que:

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(7)$$

En donde q_e nos representa cuanto fue la cantidad adsorbida en peso del soluto (mg/g), C_e representa el equilibrio de adsorción de la Concentracion del soluto (mg/l), K_F se refiere a la constante que nos va indicar cuanto fue la capacidad relativa de adsorción(mg/g)

y la constante $1/n$ representa la intensidad con que han sido adsorbidas los iones metálicos.

- **Modelo de Isoterma de Langmuir**

El siguiente modelo matemático que veremos a continuación (**Wan Nahg & Hanafiah como se citó en (Albis, 2016)**) estará expresado en la siguiente ecuación de manera lineal:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m} \dots \dots \dots (8)$$

En donde se observa que C_e representa las debidas concentraciones de iones en algún punto de equilibrio(mg/l); q_e representa toda cantidad adsorbida de iones en el equilibrio de adsorción(mg/g); q_m representa cuanto podrá ser la máxima capacidad que se podrá obtener en el proceso de adsorción(mg/l) y K_L es la constante que se relacionara con la fuerza de interacción que existe entre el adsorbente y el adsorbato.

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

3.1.1. Método

3.1.1.1 Ubicación del Lago Junín y puntos de muestreo.

El trabajo experimental se realizó tomando cinco puntos de muestreo en la laguna Chinchaycocha o Lago Junín, ubicado en las cerca de la ciudad de Junín y de la Pampa de Junín con las siguientes datos geográficos.

Región : Junín
Provincia : Junín
Altitud : 4080 msnm
Superficie : 529.88 km²
Prof. Media : 12 metros

3.1.3. Procedimiento para la ejecución del trabajo de Investigación

Se utilizó 1000 g de carbón activado marca Merck® como adsorbente de iones plomo (II) en el tratamiento de las aguas contaminadas del Lago Junín. Se tomaron cinco puntos de muestreo a lo largo del lago Junín, de donde se obtuvo un total de cuarenta muestras, para ello se utilizaron recipientes estériles, las cuales fueron divididas en 2 grupos de 20 para cada una de las dosis de carbón activado a tratar (0,05 gr y 0,1 gr) y también para cada uno de los pHs a trabajar (6 y 8). Para luego ser colocados en un equipo de prueba de jarras, en donde se acomodaron vasos de precipitación de 300 mL con las respectivas muestras obtenidas, agregando el adsorbente en cada vaso. Seguidamente se procedió a modificar el pH, la dosis de adsorbente y la velocidad de rotación, agitando las muestras a una velocidad de 50 rpm y 100 rpm por 60 min, filtrando el resultado obtenido para sus posteriores pruebas. Finalizado ello, se procedió a la toma de datos y determinar el porcentaje de adsorción (%**R**) el cual se definió por la fórmula que determinará el porcentaje de adsorción de iones plomo mediante las diferenciaciones de concentraciones ya sean iniciales y finales, la que fue calculada usando la siguiente ecuación:

$$\%R = \frac{C_i - C_e}{C_i} * 100 \dots \dots \dots (9)$$

Para el análisis de la distribución de tendencia normal se utilizó el software Minitab y también se utilizó la prueba Anova de Fisher con tres factores, con dos subniveles por cada factor, todo ello para poder analizar la varianza.

3.2. Hipótesis de la Investigación

3.2.1. Hipótesis General

- ✓ El uso de carbón activado comercial como adsorbente tendrá un efecto positivo y significativo en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín en la provincia Junín departamento Junín.

3.2.2. Hipótesis Específicas.

- ✓ La dosis apropiada de carbón activado comercial, que genere efectos positivos como adsorbente será de 0,05 gramos.
- ✓ La velocidad de rotación entre el adsorbente y adsorbato tendrá influencia en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín.
- ✓ El pH influye significativamente en el tratamiento de las aguas contaminadas del lago Junín.

3.3. Variables

3.3.1. Variable Independiente

- ✓ Potencial de hidrogeno (pH)
- ✓ Dosis de adsorbente
- ✓ Velocidad de Rotación

3.3.2. Variable Dependiente

- ✓ Capacidad de adsorción de iones plomo sobre carbón activado.

3.4. Cobertura del Estudio

3.4.1. Universo

El universo que se estudió fue la cordillera La Viuda, ya que en esta se encuentra ubicada el Lago Junín, la cordillera La Viuda está ubicada en los andes centrales del Perú entre Junín y Cerro de Pasco.

3.4.2. Población

La población que se estudio fue el Lago Junín que está ubicado entre Junín y Cerro de Pasco, el Lago Junín está ubicado a 4080 metros sobre el nivel del mar y a profundidad media de 12 metros y un área extensa de 529,9 km², de donde se extrajo las muestra a tratar.

3.4.3. Muestra

La muestra de agua a emplearse se tomó en el lago Junín a un metro y medio de la orilla hacia dentro.

3.4.4. Muestreo

El muestreo realizado fue aleatorio, mediante el siguiente procedimiento que consistió en llenar los frascos con el agua contaminada sumergiéndolos a 25cm de profundidad, destapando y girando el frasco ligeramente permitiendo el llenado de los frascos hasta los 500 mL.

3.5. Técnicas de la Investigación.

Las técnicas utilizadas en la investigación se basaron en los trabajos realizados en papers, monitoreos, análisis de datos y observación de campo.

3.6. Procesamiento estadístico de la información.

3.6.1. Estadísticos.

Se utilizó un software estadístico denominado Minitab, para el análisis estadístico como medidas de dispersión y tendencia central.

3.6.2. Técnica de comprobación de la hipótesis.

Para el trabajo de investigación se empleó el ANOVA de Fisher de tres factores, dos subniveles por factor y tres repeticiones para lograr con ello analizar la varianza.

Factor:

- Dosis de carbón activado (0.05 y 0.1)
- Velocidad de Rotación (50 y 100 rpm)
- pH (6 y 8)

Se considera el modelo aditivo lineal para contrastar las hipótesis planteadas:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + \tau\beta_{ij} + \tau\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \tau\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon$$

CAPITULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados obtenidos en la investigación

4.1.1. Concentración inicial(ppm) de plomo en las muestras del Lago Junín, mes de junio 2017.

CUADRO N°1 Puntos de Monitoreo y concentraciones de plomo inicial en el Lago Junín.

Fuente: Elaboración Propia

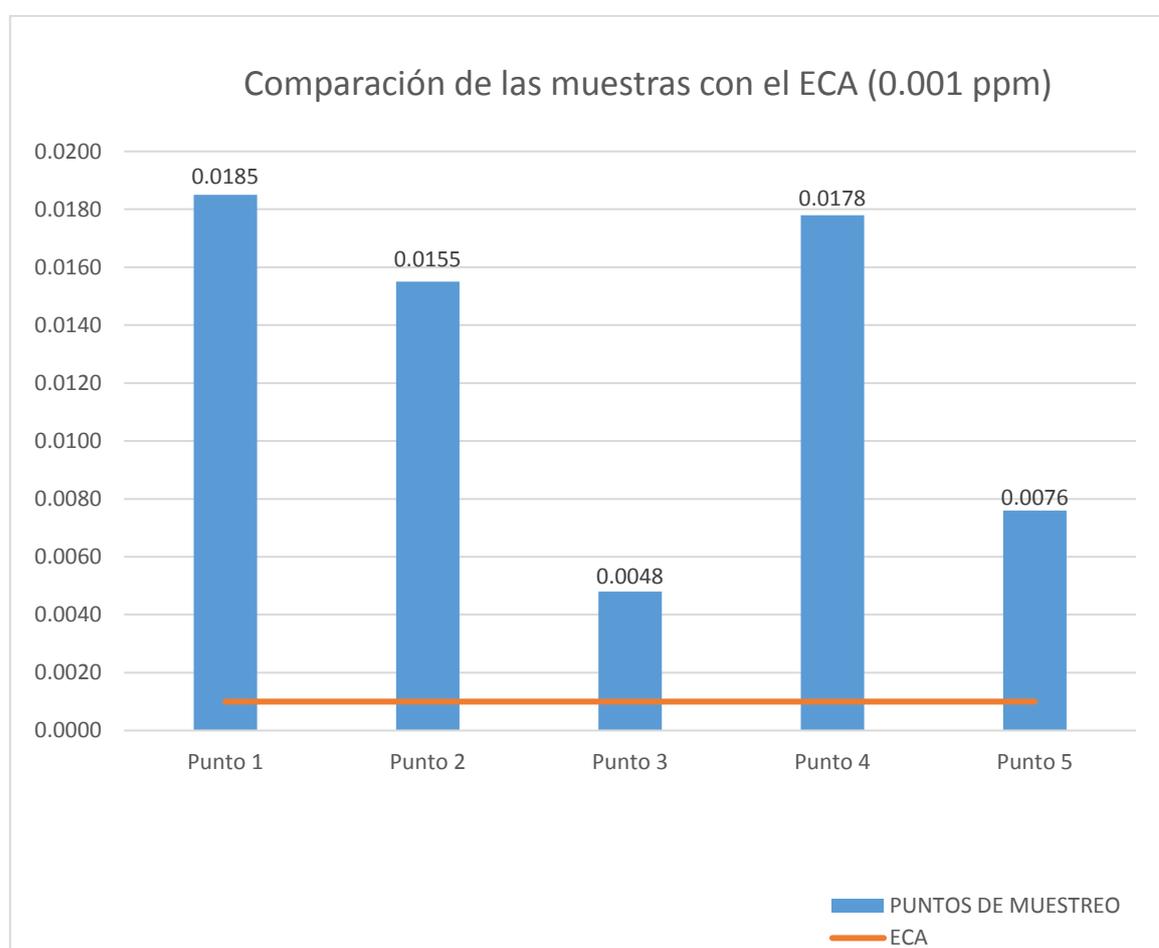
	ECA: 0.0010	COORDENADAS UTM		
PUNTOS DE MUESTREO	PUNTOS MONITOREADOS	NORTE	ESTE	ALTITUD (M.S.N.M)
PUNTO 1	0.0185	8792488	361882	4137
PUNTO 2	0.0155	8791166	366827	4098
PUNTO 3	0.0048	8786828	358426	4098
PUNTO 4	0.0178	8779460	374728	4119
PUNTO 5	0.0076	8786638	377162	4106
PROM.	0.01284	8786568	371857	4097

CUADRO N°1, se observa que los puntos monitoreados sobrepasan el ECA para el monitoreo de sistemas hídricos (0.0010 ppm). De los mismos se tomaron

cuatro muestras para poder ser analizadas y utilizadas en la correspondiente metodología de jarras para adsorción de plomo mediante carbón activado.

Las corridas experimentales se realizaron en las instalaciones de la Compañía minera Casapalca.

GRÁFICO N°1. Comparación de los puntos de muestreo con los niveles de plomo según el ECA.



Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Concentraciones finales de Pb II después de la adsorción con carbón activado

CUADRO N° 2. Concentraciones Finales de plomo respecto a sus puntos de monitoreo y sus repeticiones respectivas

				VELOCIDAD DE ROTACIÓN (rpm)				
				50		100		
				pH				
				6	8	6	8	
DOSIS DE CARBON ACTIVADO (g).	0.05			0.00383	0.00215	0.00383	0.00212	
				0.00299	0.00171	0.00298	0.00127	
				0.00088	0.00052	0.00088	0.00058	
				0.00331	0.00208	0.00316	0.00200	
				0.00140	0.00101	0.00136	0.00082	
		0.1			0.00324	0.00252	0.00320	0.00218
				0.00253	0.00214	0.00248	0.00183	
				0.00072	0.00062	0.00065	0.00056	
				0.00265	0.00222	0.00261	0.00189	
				0.00119	0.00103	0.00111	0.00072	

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 2, se puede deducir que a mayor cantidad de carbón activado la concentración de plomo disminuye y a pH ligeramente básicos la concentración final de plomo es menor.

4.1.3. Porcentaje de adsorción de plomo final mediante el empleo del método de jarras.

CUADRO N°3 Porcentajes de Adsorción de plomo finales con sus respectivas repeticiones.

$$R_e = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100 \dots \dots \dots (9)$$

CUADRO N°3, se puede evidenciar que los porcentajes en cuanto a adsorción de plomo se refiere son directamente proporcionales al pH y a la dosis de carbón activado, mas no así es identificable respecto a la velocidad de rotación. Lo que es respaldado por el ANOVA.

		VELOCIDAD DE ROTACIÓN (rpm)			
		50		100	
		pH			
		6	8	6	8
DOSIS DE CARBÓN ACTIVADO	0.05	79.30	88.36	79.30	88.56
		80.70	88.96	80.76	91.80
		81.60	89.20	81.65	87.92
		81.40	88.76	82.90	89.18
		81.63	86.65	82.10	89.20
	0.1	82.46	86.38	82.69	88.21
		83.68	86.20	84.02	88.17
		84.93	86.98	86.36	88.25
		85.12	87.54	85.36	89.36
		84.36	86.45	85.40	90.53

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Resultados del porcentaje de adsorción del plomo para ser procesados a nivel experimental

CUADRO N°4. Matriz de Resultados del porcentaje de adsorción de plomo para ser analizados por el modelo ANOVA

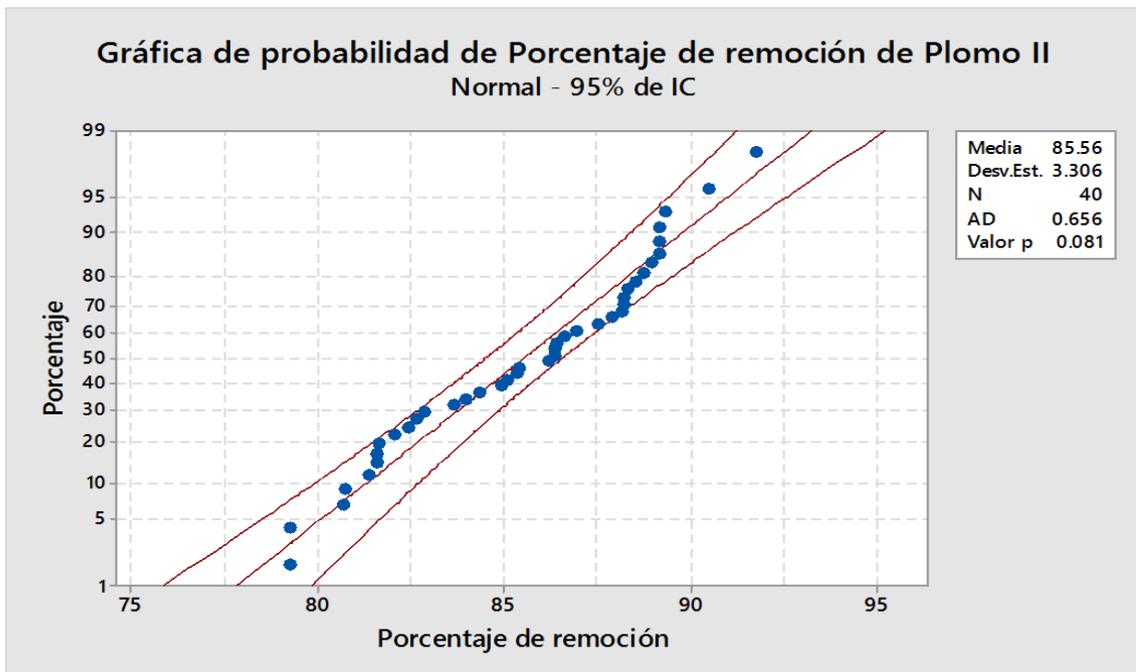
# MUESTRA	DOSIS DE ADSORBENTE	VELOCIDAD DE ROTACIÓN	pH	PORCENTAJE DE ADSORCIÓN
1	0.05	50	6	79.30
2	0.05	50	6	80.70
3	0.05	50	6	81.60
4	0.05	50	6	81.40
5	0.05	50	6	81.63
6	0.05	50	8	88.36
7	0.05	50	8	88.96
8	0.05	50	8	89.20
9	0.05	50	8	88.76
10	0.05	50	8	86.65
11	0.05	100	6	79.30
12	0.05	100	6	80.76
13	0.05	100	6	81.65
14	0.05	100	6	82.90
15	0.05	100	6	82.10
16	0.05	100	8	88.56
17	0.05	100	8	91.80
18	0.05	100	8	87.92
19	0.05	100	8	89.18

20	0.05	100	8	89.20
21	0.1	50	6	82.46
22	0.1	50	6	83.68
23	0.1	50	6	84.93
24	0.1	50	6	85.12
25	0.1	50	6	84.36
26	0.1	50	8	86.38
27	0.1	50	8	86.20
28	0.1	50	8	86.98
29	0.1	50	8	87.54
30	0.1	50	8	86.45
31	0.1	100	6	82.69
32	0.1	100	6	84.02
33	0.1	100	6	86.36
34	0.1	100	6	85.36
35	0.1	100	6	85.40
36	0.1	100	8	88.21
37	0.1	100	8	88.17
38	0.1	100	8	88.25
39	0.1	100	8	89.36
40	0.1	100	8	90.53

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5. Análisis de la normalidad del porcentaje de adsorción de plomo

Gráfico N°2. Análisis de la distribución normal



Fuente: Elaboración Propia

GRAFICO N°2, se demuestra que los porcentajes de adsorción de plomo analizados siguen una tendencia normal gaussiana ($p > 0.05$) indicando también que el modelo propuesto para su correspondiente análisis es el ANOVA de tres factores con dos subniveles por factor y tres repeticiones.

4.2. Análisis de varianza

4.2.1. Formulación de Hipótesis

- ✓ Ho: la dosis de carbón activado no afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ha: la dosis de carbón activado afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo
- ✓ Ha: la dosis de carbón activado afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ho: la velocidad de agitación no afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ha: la velocidad de agitación afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ho: el pH no afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ha: el pH afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ho: el factor dosis por velocidad de agitación no afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ha: el factor dosis por velocidad de agitación afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ho: el factor dosis por pH no afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ha: el factor dosis por pH afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ho: el factor velocidad de agitación por pH no afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ha: el factor velocidad de agitación por pH afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.

- ✓ Ho: el factor dosis, velocidad de agitación por pH no afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.
- ✓ Ha: el factor dosis, velocidad de agitación por pH afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo.

4.2.2. Desarrollo del ANOVA

CUADRO N°5. Anova para los Factores Analizados y sus correspondientes porcentajes de adsorción de plomo.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DOSIS DE CARBÓN ACTIVADO	1	12.674	12.674	9.50	0.004
VELOCIDAD	1	11.081	11.081	8.31	0.007
pH	1	307.603	307.603	230.66	0.000
DOSIS DE CARBÓN ACTIVADO*VELOCIDAD	1	1.387	1.387	1.04	0.316
DOSIS DE CARBÓN ACTIVADO*pH	1	47.437	47.437	35.57	0.000
VELOCIDAD*pH	1	2.667	2.667	2.00	0.167
DOSIS DE CARBÓN ACTIVADO*VELOCIDAD*pH	1	0.638	0.638	0.48	0.494
Error	32	42.675	1.334		
Total	39	426.161			

Fuente: Elaboración propia - Minitab

CUADRO N°5, el ANOVA presentado demuestra que hay suficiente evidencia estadística (trabajando con un $\alpha = 0.05$) para afirmar que la dosis de carbón activado afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo ($p > 0.05$, aceptando Ha); asimismo el pH también afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo ($p > 0.05$, aceptando Ha), mas no se puede afirmar que la velocidad de rotación afecte significativamente al porcentaje de adsorción de plomo (aceptando Ho). Se puede afirmar también que la interacción de la dosis de carbón y el pH afectan significativamente al porcentaje de adsorción.

4.2.3. Determinación del mejor tratamiento de adsorción de plomo

CUADRO N°6. Comparación Múltiple de Medias para el porcentaje de adsorción de plomo.

DOSIS DE CARBÓN			
ACTIVADO*VELOCIDAD*pH	N	Media	Agrupación
0.05 100 8	5	89.3305	A
0.10 100 8	5	88.9033	A
0.05 50 8	5	88.3864	A
0.10 50 8	5	86.7091	B
0.10 100 6	5	84.7660	C
0.10 50 6	5	84.1100	C
0.05 100 6	5	81.3425	D
0.05 50 6	5	80.9260	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Pruebas individuales de Fisher para diferencias de las medias

Diferencia de DOSIS DE CARBÓN ACTIVADO*VELOCIDAD*pH niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC individual de 95%	Valor T	Valor p
(0.05 50 8) - (0.05 50 6)	7.460	0.730	(5.973, 8.948)	10.21	0.000
(0.05 100 6) - (0.05 50 6)	0.416	0.730	(-1.071, 1.904)	0.57	0.573
(0.05 100 8) - (0.05 50 6)	8.404	0.730	(6.917, 9.892)	11.51	0.000
(0.10 50 6) - (0.05 50 6)	3.184	0.730	(1.696, 4.672)	4.36	0.000
(0.10 50 8) - (0.05 50 6)	5.783	0.730	(4.295, 7.271)	7.92	0.000
(0.10 100 6) - (0.05 50 6)	3.840	0.730	(2.352, 5.328)	5.26	0.000
(0.10 100 8) - (0.05 50 6)	7.977	0.730	(6.490, 9.465)	10.92	0.000
(0.05 100 6) - (0.05 50 8)	-7.044	0.730	(-8.532, -5.556)	-9.64	0.000
(0.05 100 8) - (0.05 50 8)	0.944	0.730	(-0.544, 2.432)	1.29	0.205
(0.10 50 6) - (0.05 50 8)	-4.276	0.730	(-5.764, -2.789)	-5.86	0.000
(0.10 50 8) - (0.05 50 8)	-1.677	0.730	(-3.165, -0.190)	-2.30	0.028
(0.10 100 6) - (0.05 50 8)	-3.620	0.730	(-5.108, -2.133)	-4.96	0.000
(0.10 100 8) - (0.05 50 8)	0.517	0.730	(-0.971, 2.005)	0.71	0.484
(0.05 100 8) - (0.05 100 6)	7.988	0.730	(6.500, 9.476)	10.94	0.000
(0.10 50 6) - (0.05 100 6)	2.768	0.730	(1.280, 4.255)	3.79	0.001
(0.10 50 8) - (0.05 100 6)	5.367	0.730	(3.879, 6.854)	7.35	0.000
(0.10 100 6) - (0.05 100 6)	3.424	0.730	(1.936, 4.911)	4.69	0.000
(0.10 100 8) - (0.05 100 6)	7.561	0.730	(6.073, 9.049)	10.35	0.000
(0.10 50 6) - (0.05 100 8)	-5.220	0.730	(-6.708, -3.733)	-7.15	0.000
(0.10 50 8) - (0.05 100 8)	-2.621	0.730	(-4.109, -1.134)	-3.59	0.001
(0.10 100 6) - (0.05 100 8)	-4.564	0.730	(-6.052, -3.077)	-6.25	0.000
(0.10 100 8) - (0.05 100 8)	-0.427	0.730	(-1.915, 1.061)	-0.58	0.563

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N°6, se logra distinguir la diferencia significativa entre tratamientos después de la comparación múltiple de medias. Se logra distinguir que las comparaciones que comparten una letra son significativamente iguales y sin diferencia alguna respecto al porcentaje de adsorción de plomo. Mas esto no sucede con la comparación de 0.05 g de dosis, 100 rpm de velocidad de agitación y pH de 8, respectivamente, ya que difiere de los posteriores tratamientos. Para identificar si este tratamiento es el óptimo se procedió a una comparación múltiple de Fisher, lo que confirma fehacientemente el resultado de la comparación de medias (8.404 a un $p < 0.05$).

4.3. Discusión de Resultados

4.3.1. De los metales pesados

Las actividades humanas están contribuyendo a que los metales pesados dañen el equilibrio ecológico de forma inescrupulosa causando riesgos en la salud de la población, la forma en que se ha aportado grandes cantidades de metales pesados en los cuerpos de agua es debido al vertimiento de los metales pesados sin tratamiento alguno, resultado de las actividades industriales como la minería que es la principal actividad económica en el país . **(Gama, 2013).**

Las aguas residuales que proceden de la industria minera contaminan los cuerpos de agua con una gran variedad de metales pesados que son muy tóxicos y bioacumulables para los organismos que los absorben provocando daños en la salud, ello se debe a que no pueden degradarse fácilmente por procesos biológicos ya que se transforman a través de procesos biogeoquímicos. **(Lecca, 2014).**

El absorbente que se usa mayormente para el tratamiento de los efluentes industriales contaminados es el carbón activado debido a sus características físicas que lo convierten en el mejor absorbedor de sustancias contaminantes, existiendo muchas formas para utilizarlo de las cuales las más óptimas son dos, que tienen propiedades diferentes y aplicaciones también diferentes para cada tipo de contaminante; el carbón activado granular (CAG) que es utilizado mayormente para eliminar sustancias orgánicas como pueden ser grasas y restos de animales, ya que estos resisten los tratamientos biológicos, estos elementos son los causantes de los cuerpos de agua que tengan mal olor, color o sabor aunque estas sustancias contaminantes estén en bajas concentraciones en el agua; el carbón activado en polvo (CAP) que se utiliza cuando el agua contiene elementos orgánicos tóxicos, de manera que se añade al efluente contaminado evaluando el tiempo de contacto óptimo para la adsorción de sustancias contaminantes, estudiando el efecto de la agitación que sedimentara las moléculas de las sustancias para su suspensión, los carbonos activados se deterioran con el uso ,

siendo necesario reponerlo en cada ciclo, el costo es un parámetro influyente al elegir el adsorbente es por ello que las mejores alternativas son los adsorbentes que su coste es mínimo como son los orgánicos que proceden en su mayoría de residuos sólidos orgánicos que suelen tener un precio cómodo en comparación con uno comercial , siendo sus aplicaciones en sustancias contaminantes como colorantes y fenoles, siendo muy favorable su empleo en la adsorción metales pesados quedando demostrado su efectividad en la remoción de un 99%. **(Fernandés, 2006).**

4.3.2. Del pH

Según **(Ramos, 2016)**, en su investigación titulada: “Síntesis de carbón activado a partir de epicarpio de *attalea macrolepis* y su aplicación en la remoción de Pb^{2+} en soluciones acuosas”, refiere que el pH es un factor importante e influyente en la adsorción de iones metálicos, ello debido a que el pH condiciona la presencia de la variabilidad de iones plomo así como también condiciona la superficie del material adsorbente, siendo la especie dominante el catión Pb^{2+} en un rango de valores de pH entre el 1 – 6 y a valores de pH superiores se observa la formación de $PbOH^+$ Lo cual se evidencia en los índices de adsorción que fueron resultantes de esta investigación, concluyendo así que a un pH que fuese ligeramente básico la concentración final de plomo es menor.

4.3.3. De la velocidad de Rotación

Según **(Acosta, 2017)**, en su investigación titulada: “Bioadsorción de cadmio(II) en solución acuosa por biomasa fúngica”, refiere que aunque nosotros trabajemos variando la velocidad de rotación, no se puede llegar a concluir que tendrá mucho efecto sobre la dosis del adsorbente, siendo no muy posible determinar si exista alguna relación empírica entre estos factores que nos permitan poder determinar, mediante los resultados obtenidos en las pruebas de bioadsorción, la velocidad de rotación adecuada a una dosis correcta de adsorbente para el proceso de bioadsorción.

Por lo tanto, se debe priorizar nuestro proceso de adsorción realizándolo en una prueba de jarras, tomando siempre en cuenta que las paletas deben ser levantadas de manera continua, con intervalos de adsorciones constantes durante todo el periodo de adición del adsorbente a los vasos, de esta manera los periodos de agitación serán más eficaces y podremos determinar si influyen enormemente en las demás las dosis a emplear, trabajando con velocidades de agitación similar para cada corrida experimental.

De acuerdo a la velocidad de rotación, se aprecia según los datos estadísticos trabajados que tiene poca influencia significativa en la adsorción de plomo. Por lo que son datos que los autores de investigaciones anteriores refieren someramente.

4.3.4. De la dosis de carbón activado

Según **(Sun-Kou, 2014)**, en su investigación titulada: “Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semilla de aguaje”, demuestra que hay un efecto positivo cuando aumentamos la dosis del adsorbente de tal manera que se logra optimizar el porcentaje de adsorción de plomo y esto se logra gracias al efecto de la dosis y la capacidad de adsorción de carbón activado sobre ella, esto es evidenciado gracias a que existe más sitios activos disponibles cuando aumentamos la masa del adsorbente logrando así que se adhieran más cantidades de iones plomo sobre su superficie, pero por otro lado cuando aumentamos la dosis del adsorbente se observa una disminución de la capacidad de adsorción aunque esta se encuentre en equilibrio, esto es evidenciado en los sitios activos a bajas dosis, pero cuando aumentamos la dosis solo de una parte de los sitios activos se disminuye la capacidad de adsorción.

En la presente investigación se pudo encontrar lo contrario a lo referido por Sun Kou, toda vez que al incrementar la dosis de carbón activado de 0,05 gr a 0.1 gr el porcentaje de adsorción es más elevado.

4.3.5. Del proceso de adsorción.

Según **(Contreras, 2011 como se citó en (Garcia, 2012))**, expone en su investigación que el proceso de adsorción se basa en poner en contacto el material contaminado con el adsorbente para separarla de la fase acuosa. Siendo la manera más usual para llevar a cabo este proceso la adsorción por lotes, siendo este el procedimiento más aplicado y que muchos autores han desarrollado para sus investigaciones. Para este tipo de adsorción por lotes se necesita una relación de equilibrio como las isotermas de Langmuir o de Freundlich, así como también un balance de materia.

Por lo tanto, en la presente investigación no se empleó para el proceso, este tipo de adsorción por lotes, es por ese motivo que se obvió la relación de equilibrio y no se utilizó ningún tipo de isotermas, ni se desarrolló un balance de materia, puesto que se empleó para el proceso de adsorción otro tipo de método como fue la prueba de jarras.

4.3.6. De la cinética y las isotermas de adsorción.

Según **(Contreras, 2011 como se citó en (Garcia, 2012))**, explica en su investigación que, si nosotros queremos determinar el porcentaje de adsorción del contaminante, solamente debemos contar con los resultados de las pruebas experimentales de adsorción para el proceso de adsorción que realicemos. Siendo la cinética de adsorción y las isotermas de adsorción procesos alternativos, cuando se quiera conocer la velocidad y el equilibrio con la que se lleva a cabo el proceso de adsorción, para lo cual tendríamos que medir el adsorbato antes y después del proceso de adsorción siempre que se realice un proceso por bloques.

Por lo tanto, en la presente investigación no se trabajó con un proceso de adsorción por bloques y tampoco se realizó una medición del adsorbato antes y después del proceso, porque no se propuso como objetivo desarrollar la cinética de adsorción para esta tesis.

CONCLUSIONES

1. Se puede concluir que la capacidad de adsorción de plomo(II) después del tratamiento en el equipo de prueba de Jarras, alcanzó un resultado que osciló entre 88.5 % y 91.80 % de adsorción. Evidenciándose que a un $\alpha = 0.05$ la dosis de carbón activado afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo ($p > 0.05$, aceptando H_a); el pH también afecta significativamente al porcentaje de adsorción de plomo ($p > 0.05$, aceptando H_a), en cambio la velocidad de rotación no afecta muy significativamente en la adsorción de plomo (aceptando H_o). Se puede afirmar también que la interacción de la dosis de carbón y el pH afectan significativamente al porcentaje de adsorción.
2. Además, podemos concluir que la dosis de carbón activado es directamente proporcional a la capacidad de adsorción, concluyendo así que a mayor cantidad de dosis de carbón activado la concentración de plomo disminuye significativamente, siendo la dosis apropiada de 0.05 g de dosis de carbón activado.
3. La velocidad de rotación con el cual se trabajó la prueba de jarras para la adsorción de plomo (II) fue de 100 rpm, resultando un valor no tan óptimo, pero si aceptable debido a que el porcentaje de adsorción más alto obtenido fue de 88.50 %, por lo tanto, se concluye que la velocidad de rotación es un factor no muy significativo en la adsorción de plomo debido a que su variación no produce efectos muy significativos.
4. El pH es significativo y tiene inferencia directa en la adsorción de plomo (II), debido a que a un pH ligeramente básico la concentración final de plomo es menor, concluyendo así, que si solo modificamos el pH de nuestras muestras se mejoraría y optimizaría el proceso de adsorción usando el carbón activado, evidenciándose según los resultados de las pruebas experimentales que se logró mayor porcentaje de adsorción cuando se trabajó a un pH de 8.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda trabajar con el carbón activado como adsorbente para el tratamiento de las aguas contaminadas por metales pesados, debido a que se pudo evidenciar que la capacidad de adsorción de plomo (II) fue eficiente para este caso, lográndose porcentajes de adsorción que van desde 88.5 % y 91.80%.
2. Se recomienda hacer los trabajos experimentales utilizando el resultado de la comparación múltiple que se obtuvo, donde se expresa que el mejor tratamiento es el que resultó cuando se empleó una dosis de adsorbente de 0.05g para lograr una mayor capacidad óptima de adsorción de plomo (II) en el lago Junín.
3. Se recomienda realizar más pruebas experimentales probando, cambiando y buscando la velocidad de rotación más apropiada para el proceso de adsorción que logre así una mayor capacidad de adsorción, puesto que se trabajó con 100 rpm y 50 rpm de velocidad de rotación las cuales nos influyeron muy significativamente en el proceso de adsorción de plomo (II), puesto que se evidenció que estas velocidades no fueron las más óptimas para el proceso de adsorción de iones plomo(II).
4. Se recomienda trabajar a más pHs, para así encontrar un pH más óptimo que pueda mejorar la capacidad de adsorción de plomo (II) para lograr reducir al 100 % la contaminación del lago Junín, departamento Junín.

BIBLIOGRAFÍA

- 2015, C. &. (2011). Síntesis de Carbón Activado a partir de *Attalea macrolepis* y su aplicación en la remoción de plomo en soluciones acuosa. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 303-316 p.309.
- Albis, A. (2016). Remoción de plomo de soluciones acuosas usando cáscara de yuca modificada con ácido cítrico. *Redalyc: Rev. Quim. Col.*, 3-11.
- alfaro, M. U. (2013). *determinación de la Capacidad de Bioadsorción de plomo divalente empleando Kikyuyo como adsorbente a nivel laboratorio*. Huancayo: Tesis UNCP p.68.
- Alfsan. (2007, julio 9). *Blogspot*. Retrieved from razonamientologico.blogspot.pe: <http://razonamiento-logico.blogspot.pe/2007/07/metodo-deductivo-vs-metodo-inductivo.html>
- Alva, A. R. (2006). Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales Industriales. *VT miod*, 19-26.
- Ambiental, O. d. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. *Publicaciones OEFA*, 1-42 .
- Arauzo, G. (2010, Noviembre). *La Muerte Anunciada de la reserva Nacional de Junín*. Retrieved from Nuestro clima: blog.nuestroclima.com/peru-la-muerte-anunciada-de-la-reserva-nacional-de-junin/
- Arroyo, J. P. (2008). Preparación , Caracterización de carbones activados con KOH y H₃PO₄ y su aplicación en la adsorción de cadmio . *Rev. Soc. Quim. Perú*, 219- 232.
- Artiga, V. A. (2002). el método científico y la nueva filosofía de la ciencia. *Redalyc*, 10 - 19 p.13.
- Artiga, V. A. (2002). El Método Científico Y la Nueva Filosofía de la Ciencia. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*, 9-19.
- Camarena, V. A. (2017). *cinética de adsorción de Cd(II) en soluciones acuosas empleando estiércol de ganado como adsorbente*. Huancayo: Tesis UNCP.
- Canto, E. D. (2017). *Cinética de Adsorción de Cd(II) en soluciones acuosas empleando estiércol de ganado como adsorbente*. Huancayo: p.97.

- Cardenas, J. M. (2013). *Determinación de capacidad de bioadsorción de plomo divalente empleando Pennisetum Clndestinum Hochst (KIKUYO) como Adsorbente a nivel laboratorio*. Huancayo: Tesis Uncp p.96.
- Cardoso, G. C. (2008). Aplicación de métodos de comparaciones múltiples en biotecnología vegetal. *Biotecnología vegetal*, 67-71.
- Carvajal, L. (2012, 05). *Lizardo - Carbajal .com*. Retrieved from <http://www.lizardo-carvajal.com/metodo-cientifico/>
- Colpas, F. (2015). Analisis del desarrollo textural de carbones activados Preparados a partir de zuro de maiz . *Temas agrarios* , 103-112.
- Contreras, J. (1989). Procesos de Adsorción en soluciones Acuosas. *Ciencia y Sociedad*, 93-101.
- Cordero, Z. V. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer la realidad con evidencia científica. *Redalyc*, p.159.
- Coudillas, A. (2005). Contaminación del Agua. *Anteproyecto Avanzado Muelle Multipropósito "C"*, 1- 52(p.5).
- Cruz, N. C. (2016). *Adsorción del color fucsia sobre Carbones Activados Preparados de madera tornillo: Equilibrio, cinética y termodinámica*. Huancayo: p.57.
- Cutiño, E. M. (2016). Aplicación de carbón activado de cascarón de coco en adsorción de especies metálicas contenidas en el licor de desecho (WL) de la lixiviación ácida de mineral laterítico. *Tecnología Química* , 117-129 (pag.118).
- Daen, S. T. (2011). Tipos de Investigación Científica. *Revista de Actualización Clínica*, 621-624.
- Daen, S. T. (2011). Tipos de Investigación Científica . *Revista Médica de Actualización Clínica* , 621-624 p.621.
- Dufol, A. F. (2003). Intoxicación por Metales. *Anales Sis San Navarra Vol.26*, 141-153.
- Erostequi, D. C. (2009). Contaminación por metales pesados . (K. romero, Interviewer)
- Fernández, A. R. (2006). Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales. *VT miod*, 1 - 136.

- Fernandez, A. R. (2006). Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales. *VT miod*, 17-19.
- Gama, L. (2013). Efecto de la contaminación por metales pesados en los ecosistemas costeros del sureste de Mexico . *KUXULKAB*, 65-67.
- García, E. M. (1985). *Aguas Residuales Composicion* . Granada: Universidad de granada servicios de publicaciones .
- Garza, R. R. (2013, mayo 10). *Adsorción y su aplicación en tratamientos industriales*. Retrieved from CienciAcierta: <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC34/1.html#arriba>
- González, E. W. (2010). ¿ Después de un análisis de Variancia... Qué? ejemplos en ciencias de alimentos. *Redalyc*, 350-356.
- Guadalupe, R. M. (2010). *Metales Pesados: Importancia y Analisis*. Durango: Rpositorio Digital IPN.
- Gutierrez, P. M. (2012). *p < 0,05 ¿ cirterio magico para resolver cualquier problema o leyenda urbana?* Bogota: Redalyc.
- Gutiérrez, R. C. (2004). El plomo como contaminante alimentario. *Redalyc*, 72 - 80 p.72.
- Harry Marsh, Francisco Rodriguez-Reinoso. Activated Carbon, August 2006. Elsevier Science & Technology Books.
- Hande Gurer-Orhan A, Handan U. Sabır B, Hilal Özgüne. *Correlation between clinical indicators of lead poisoning and oxidative stress parameters in controls and lead-exposed workers*. *Toxicology* 195 (2004) 147.
- Hernandez, M. r. (2016). Características Fisicoquímicas del carbon Activado de conchas de coco modificado con HNO₃. *Revista cubana de Quimica*, 26-38.
- Hidalgo, V. A. (2010). *Biosorción de plomo y Cadmio mediante el aprovechamiento de residuos de madera y extractos de algas marinas*. México: UMSNH.

- Huanay, P. H. (2016). *Adsorción del color fucsia sobre Carbones Activados Preparados de madera tornillo: Equilibrio, cinética y termodinámica*. Huancayo: Tesis UNCP p. 58.
- K.G. Sreejalekshmia, K. Anoop Krishnanb, T.S. Anirudhana, *Adsorption of Pb(II) and Pb(II)-citric acid on sawdust activated carbon: Kinetic and equilibrium isotherm studies*. Journal of Hazardous Materials xxx (2008) xxx–xxx.
- Kou, M. d. (2010). Adsorción de plomo de Efluentes industriales usando carbones activados con acido fosfórico. *Scielo Perú: Revista de la sociedad Química del Perú*, 165-178(Pag.
- Lau, E. Z. (2007). Nanotecnología Aplicada al Tratamiento de agua en México. *Humanidades, Tecnología y Ciencia* , 1-9.
- Lecca, R. (2014). Caracterización de las Aguas Residuales y de la Demanda Bioquímica de Oxígeno. *Industrial Data* , 71-80.
- Marcos, F. (2010). El carbon vegetal propiedades y obtención. *Manual del Carbón Activado*, 1-86 .
- Maya, E. (2014). *Metodo y Tecnicas de invetigacion*. Mexico DF: UNAM p.13.
- Medina, M. P. (2013). Adsorción de níquel y cobalto sobre carbón activado de cascarón de coco . *Scielo* , 110 - 124 p. 114.
- Miguel A. Álvarez-Merino, Victoria López-Ramón, Carlos Moreno-Castilla. *A study of the static and dynamic adsorption of Zn(II) ions on carbon materials from aqueous solutions*. Journal of Colloid and Interface Science 288 (2005) 335.
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y Analisis de Experimentos*. Arizona: Limusa Wiley p.380.
- Ortega, G. C. (2011). Remocion de Pb 2+ en disolucion acuosa sobre carbón activado en polvo estudio por lote . *Prospect*. Vol 9, 59-68.
- Ortega, G. C. (2012). *remoción de Pb(II) en disolución acuosa sobre carbón activado: Experimentos en columna*. Bogotá: Convenio de cooperacion Universidad de colombia- Universidad Magdalena p.18.
- Padrón, R. (2013). *El carbón Activado, un material adsorbente*. Matanzas - Cuba: CD de monografias 2013.
- Paneque, R. J. (1998). *Metodología de la Investigación*. Habana: p.13.

- R.Garcia. (2011). *Efecto de los metales pesados en el bienestar y equilibrio del ecosistema*. Madrid-España.
- Ramos, I. J. (2016). Síntesis de carbon activado a partir de epicarpio de *Attalea macrolepis* y su aplicación en la remoción de Pb^{2+} en soluciones acuosas. *Redalyc: Rev.Int Contam. Ambie*, 303-316.
- Reyes, M. G. (2007). Metales pesados : importancia y analisis. *Centro Interdisciplinario de Investigación Para el Desarrollo Integral Regional*, 1-5 .
- Rodriguez, R. G. (2013). Adsorción y su aplicación en tratamientos de efluentes industriales. *Ciencia cierta*, 7.
- Ruiz, C. N. (2011). Efectos neurotoxicos de Metales Pesados (cadmio,plomo,arsénico y talio). *Arch Neurocién*, 140-147.
- Salazar, A. Z. (2008). *Carbones Activados de Casacaras de coco: sintesis, Caracterización y aplicacion en la adsorcion de plomo y mercurio desde soluciones acuosas*. Huancayo: Tesis UNCP p.55.
- Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: Mc GrawHill p.368.
- Sayas, O. Y. (2008). *Carbones Activado de cascaras de coco: sintesis, caracterizacion y aplicacion en la adsorcion de plomo y mercurio dese soluciones acuosas*. Huancayo: Tesis UNCP.
- Sun-Kou, M. (2014). Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semilla de aguaje. *Redalyc: Rev Soc Quim Perú*, 225-236.
- Thi, H., Dinh, N., Matsukawa, M., Okajima, M., Kaneko, T., Ohki , K., & Yoshikawa, S. (2016). Heavy metal biosorption from aqueous solutions by algae inhabiting rice paddies in Vietnam. *Journal of Environmental Chemical Engineering*(4), 2529-2535.
- Tubert, I. (1997). Sobre Adsorción. *Para Saber, Experimentar y simular*, 186-190 .
- Vazquez, E. (2017, Agosto 21). Retrieved from AGUA.org.mx: <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-soluciones/>

Yesid, M. (2010). determinación de la cinética de adsorción de 2, 4 - dinitrofenol en carbonizado de hueso bovino por Espectrofotometría uv-vis. *Revista colombiana de Química*, 91-103.

ANEXOS

1. Puntos de muestreo en el lago Junín por componente ambiental evaluado durante el año 2015.

Zona Evaluada	Código del Punto de Muestreo	Primera Evaluación Marzo de 2015				Segunda Evaluación Junio de 2015				Tercera Evaluación Setiembre de 2015						
		Fecha	Agua Continental		Sedimento	Hidrobiología	Fecha	Agua Continental		Sedimento	Hidrobiología	Fecha	Agua Continental		Sedimento	Hidrobiología
			S	F				S	F				S	F		
Lago Chinchaycocha	PM-01	22/03/2015	X		X	X	NE				X	NE				X
	PM-02	23/03/2015	X		X	X	NE				X	NE				X
	LCH-03	NE					14/06/2015	X			X	12/09/2015	X			X
	LCH-04	NE					14/06/2015	X			X	17/09/2015	X			X
	LCH-05	NE					14/06/2015	X			X	17/09/2015	X			X
	LCH-06	NE					17/06/2015	X			X	NE				
	LCH-07	NE					17/06/2015	X			X	17/09/2015	X			X
	LCH-08	NE					17/06/2015	X			X	17/09/2015	X			X
	LCH-09	NE					17/06/2015	X			X	13/09/2015	X			X
	LCH-10	NE					17/06/2015	X			X	13/09/2015	X			X
	LCH-11	NE					16/06/2015	X			X	13/09/2015	X			X
	LCH-12	NE					17/06/2015	X			X	16/09/2015	X			X
	LCH-13	NE					16/06/2015	X	X		X	16/09/2015	X	X		X
	LCH-14	NE					16/06/2015	X			X	16/09/2015	X			X
	LCH-15	NE					16/06/2015	X			X	16/09/2015	X			X
	LCH-16	NE					15/06/2015	X	X		X	16/09/2015	X	X		X
	LCH-17	NE					15/06/2015	X	X		X	14/09/2015	X	X		X
	LCH-18	NE					15/06/2015	X			X	15/09/2015	X			X
	LCH-19	NE					15/06/2015	X	X		X	15/09/2015	X	X		X
	LCH-20	NE					15/06/2015	X	X		X	14/09/2015	X	X		X
	LCH-21	NE					16/06/2015	X			X	15/09/2015	X			X
	LCH-22	NE					16/06/2015	X	X		X	15/09/2015	X	X		X
SCH-03	NE					14/06/2015			X	X	12/09/2015			X	X	
SCH-04	NE					14/06/2015			X	X	17/09/2015			X	X	
SCH-05	NE					14/06/2015			X	X	17/09/2015			X	X	
SCH-06	NE					17/06/2015			X	X	NE					
SCH-07	NE					17/06/2015			X	X	17/09/2015			X	X	
SCH-08	NE					17/06/2015			X	X	17/09/2015			X	X	
SCH-09	NE					17/06/2015			X	X	13/09/2015			X	X	
SCH-10	NE					17/06/2015			X	X	13/09/2015			X	X	
SCH-11	NE					16/06/2015			X	X	13/09/2015			X	X	
SCH-12	NE					17/06/2015			X	X	16/09/2015			X	X	
SCH-13	NE					16/06/2015			X	X	16/09/2015			X	X	
SCH-14	NE					16/06/2015			X	X	16/09/2015			X	X	
SCH-15	NE					16/06/2015			X	X	16/09/2015			X	X	
SCH-16	NE					15/06/2015			X	X	16/09/2015			X	X	
SCH-17	NE					15/06/2015			X	X	14/09/2015			X	X	
SCH-18	NE					15/06/2015			X	X	15/09/2015			X	X	
SCH-19	NE					15/06/2015			X	X	15/09/2015			X	X	
SCH-20	NE					15/06/2015			X	X	14/09/2015			X	X	
SCH-21	NE					16/06/2015			X	X	15/09/2015			X	X	
SCH-22	NE					16/06/2015			X	X	15/09/2015			X	X	

Fuente: Informe de Evaluación Ambiental del Lago Chinchaycocha.

2. Parámetros de calidad de agua analizados por el laboratorio responsable de los análisis.

Matriz	Parámetro
Agua superficial	Cromo Hexavalente
	Metales Totales por ICP
	Mercurio Total
	Sulfuros
	Sulfatos
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)
	Nitrógeno Total
	Coliformes Totales
	Coliformes Fecales o Termotolerantes
	Aceites y Grasas
	Sólidos Suspendidos Totales
	Sólidos Disueltos Totales
	Cianuro Libre
	Cianuro Wad
	Nitritos
	Nitratos
	Nitrógeno Amoniacal
	Silicato
	Surfactantes Aniónicos (SAAM)
Fosfatos	
Pesticidas Organoclorados	
Pesticidas Organofosforados	

Fuente: Informe de Evaluación Ambiental del Lago Chinchaycocha.

3. Métodos de análisis por parámetro en agua, utilizados por el laboratorio.

Parámetro	Método de Referencia
Cromo Hexavalente	SM 3500 Cr – B. Chromium Colorimetric Method.
Metales Totales por ICP	EPA ⁷ -Method 200.7
Mercurio Total	Determination of mercury in water by cold vapor atomic absorption spectrometry.
Sulfuros	SM 4500 S – D. Determination of Sulfide Methylene Blue Method.
Sulfatos	SM 4500 – SO ₄ – E. Turbidimetric Method.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	SM[1] 5210 B Biochemical Oxygen Demand, 5 Days.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	EPA 410.2 1999 Chemical Oxygen Demand, Titrimetric Low-Level
Nitrógeno Total	HACH [®] 8075 Ed. 7. Nitrog Orgánico Total – Kjeldahl.
Coliformes Totales	SM 9221 B. Total Fermentation Technique.
Coliformes Fecales o Termotolerantes	SM 9221 E. Fecal Coliform Procedure.
Aceites y Grasas	SM 5520-B. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.
Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540D. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.
Sólidos Disueltos Totales	EPA 160.1 1999 Residue, Filterable (Gravimetric, Dried at 180 °C)
Cianuro Libre	SM 4500 CN-J. Cyanogen Chloride – Colorimetric Method.
Cianuro Wad	SM4500 CN-I,E/EPA 335.4. Weak Acid Dissociable Cyanide – Colorimetric Method.
Nitritos	SM 4500-NO ₂ – B. Colorimetric Method.
Nitratos	SM 4500-NO ₃ – B. Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method.
Nitrógeno Amoniacal	SM 4500-NH ₃ F. Phenate Method.
Silicato	EPA 200.7 Rev4.4
Surfactantes Aniónicos (SAAM)	SM 5540 C. Anionic Surfactants as MBAS.
Fosfatos	SM 4500-P E. Ascorbic Acid Method.
Pesticidas Organoclorados	EPA[2] Method 8081B Rev. 2, Feb. 2007 Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography.
Pesticidas Organofosforados	EPA Method 8270D Rev. 4, Feb. 2007 Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS).

Fuente: Informe de Evaluación Ambiental del Lago Chinchaycocha.

4. Parámetros de agua según estándares nacionales de calidad ambiental para categoría 4, conservación del ambiente acuático: lagunas y lagos.

PARAMETROS (mg/L)	D.S. N° 002-2008-MINAM ECA-Agua Cat. 4: Conservación del Ambiente Acuático Lagunas y Lagos
Fisicoquímicos e Inorgánicos	
pH	6,5 – 8,5 unidades
Oxígeno Disuelto	≥ 5
Sólidos Totales Disueltos	500
Sólidos Totales Suspendidos	≤25
Aceites y Grasas	Ausencia de película visible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	<5
Cianuro Libre	0,022
Fosfatos	0,4
Nitrógeno Amoniacal	<0,02
Nitratos (N-NO ₃)	5
Nitrógeno Total	1,6
Cromo Hexavalente	0,05
Metales Totales (mg/L)	
Niquel	0,025
Cobre	0,02
Zinc	0,03
Arsénico	0,01
Cadmio	0,004
Bario	0,7
Mercurio	0,0001
Plomo	0,001
Parámetro orgánicos (NMP/100 mL)	
Coliformes Termotolerantes	1 000
Coliformes Totales	2 000

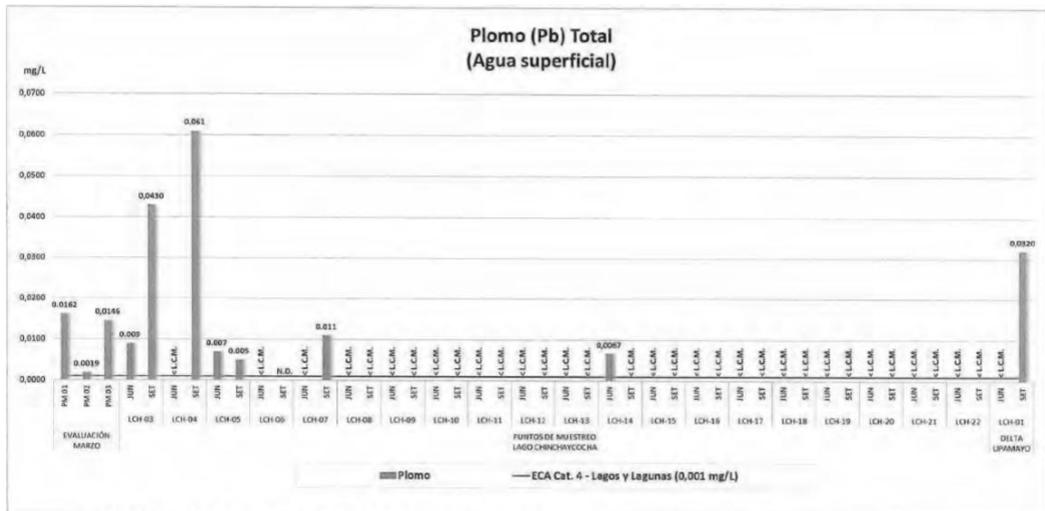
Fuente: Decreto Supremo N° 002 - 2008 - MINAM

5. Resultados de los parámetros inorgánicos (metales totales) in situ del lago Junín, 2105.

Ambiente Evaluado	Código punto de muestreo	Mes	Plata (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Boro (mg/L)	Bario (mg/L)	Berilio (mg/L)	Calcio (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cerio (mg/L)	Cobalto (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Potasio (mg/L)	Litio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Molibdeno (mg/L)	Sodio (mg/L)
ECA Agua Categoría 4 D.S. 002-2008-MINAM	Conservación del Ambiente Acuático - Lagos y Lagunas	-	-	-	0,01	-	0,7	-	-	0,04	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-
Lago Chinchaycocha	PM 01	MAR	0,0002	0,0179	0,0001	0,0144	0,0756	-0,0008	33,0011	-0,0002	-0,0003	-0,0002	0,0013	0,0009	0,1126	2,0904	0,0073	0,8303	0,0077	-0,0002	5,5194
	PM 02	MAR	-0,0002	0,0087	0,0003	0,0109	0,0336	-0,0006	36,7720	-0,0002	-0,0003	0,0007	0,0000	0,0007	0,0000	1,0943	0,0101	0,1589	0,0390	0,0003	4,6564
	PM 03	MAR	0,0003	0,1450	0,0048	0,0086	0,0035	-0,0008	63,0401	0,0004	-0,0003	0,0004	0,0011	0,0713	0,3468	0,0334	0,0057	5,4663	0,7003	0,0010	2,6519
	LCH-03	JUN	0,0010	0,159	0,0111	0,43	0,0431	-0,0003	72,45	0,0014	-0,0004	-0,0001	0,0248	0,0717	0,7091	1,743	0,0143	12,194	1,7669	0,0048	5,77
	SET	-0,0002	0,3040	0,0049	0,0310	0,2400	-0,0005	31,3300	-0,001	-	-0,001	-0,001	0,0226	1,1330	0,2000	0,0000	0,1400	-0,0002	0,0000	0,55	-
	LCH-04	JUN	0,0008	0,175	0,104	0,29	0,0441	-0,0003	70,14	0,0010	-0,0004	-0,0001	0,0235	0,1784	0,3404	0,877	0,0132	11,660	1,1681	0,0009	5,54
	SET	-0,0002	0,3960	0,014	0,0190	0,0470	-0,0008	33,0800	-0,001	-	-0,001	-0,001	0,0160	1,0790	1,4300	0,0100	0,8100	0,1880	-0,0002	0,2000	-
	LCH-05	JUN	0,0008	0,043	0,142	0,24	0,0379	-0,0002	52,51	-0,0004	-0,0004	-0,0001	0,0387	0,0084	0,2418	1,024	0,0093	0,874	0,4900	0,0084	0,03
	SET	-0,0002	0,0430	-0,007	0,0160	0,0840	-0,0005	23,7000	-0,001	-	-0,001	-0,001	0,0000	0,3830	0,0300	0,0980	18,4500	0,1020	-0,0002	0,1730	-
	LCH-06	JUN	-0,0002	-0,007	0,0001	-0,03	0,0340	-0,0003	32,69	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	0,0028	0,1233	0,4844	-0,0002	7,098	0,0041	-0,0006	0,82
	SET	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	LCH-07	JUN	-0,0002	0,081	-0,123	0,44	0,0324	-0,0003	38,69	-0,0004	-0,0004	-0,0001	0,0010	0,0110	0,7942	0,527	-0,0002	0,504	0,2068	-0,0003	0,43
	SET	-0,0002	0,0810	-0,007	0,0190	0,0340	-0,0005	28,5100	-0,001	-	-0,001	-0,001	0,0095	0,3170	1,6000	0,0100	0,9960	0,0750	-0,0002	0,6000	-
	LCH-08	JUN	-0,0002	-0,001	0,140	-0,03	0,0234	-0,0003	37,37	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	0,0062	0,1108	0,793	-0,0002	0,6600	0,1143	-0,0006	0,15
	SET	-0,0002	0,0300	-0,007	0,0190	0,0300	-0,0005	35,4000	-0,001	-	-0,001	-0,001	-0,0002	0,1820	1,2400	0,0090	10,2100	0,0940	-0,0002	4,7000	-
	LCH-09	JUN	-0,0002	-0,001	0,001	-0,03	0,0180	-0,0003	24,48	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	-0,0004	-0,0008	0,928	-0,0002	7,0100	0,0018	-0,0006	0,43
	SET	-0,0002	0,0300	-0,007	0,0210	0,0360	-0,0006	25,7000	-0,001	-	-0,001	-0,001	-0,0002	0,0090	1,4400	0,0100	10,2000	0,0780	-0,0002	0,3000	-
	LCH-10	JUN	-0,0002	-0,001	0,136	-0,03	0,0191	-0,0003	29,18	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	-0,0004	-0,0008	0,304	-0,0002	0,0090	0,0304	-0,0006	0,23
	SET	-0,0002	0,0300	-0,007	0,0170	0,0310	-0,0005	32,3000	-0,001	-	-0,001	-0,001	-0,0002	0,0470	1,0000	0,0070	0,8200	0,0720	-0,0002	4,1600	-
LCH-11	JUN	-0,0002	-0,001	0,091	-0,03	0,0238	-0,0003	29,63	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	-0,0004	-0,0009	0,688	0,0077	7,9570	0,0291	-0,0006	4,97	
SET	-0,0002	0,0300	-0,007	0,0200	0,0330	-0,0005	34,2600	-0,001	-	-0,001	-0,001	-0,0002	0,0930	1,1500	0,0080	10,7000	0,0490	-0,0002	0,7000	-	
LCH-12	JUN	-0,0002	-0,001	0,134	-0,03	0,0213	-0,0003	27,80	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	-0,0004	-0,0008	0,928	-0,0002	0,1800	0,0069	-0,0006	0,20	
SET	-0,0002	0,0300	-0,007	0,0230	0,0330	-0,0005	28,9600	-0,001	-	-0,001	-0,001	-0,0001	0,0070	0,0480	0,0100	0,2730	0,0060	-0,0002	0,8100	-	
LCH-13	JUN	-0,0002	-0,001	0,118	-0,03	0,0296	-0,0003	31,65	-0,0004	0,0037	-0,0001	-0,0003	-0,0004	0,0110	1,3000	0,0086	7,843	0,0065	-0,0005	4,86	
SET	-0,0002	0,0370	-0,007	0,0320	0,0315	-0,0005	29,2000	-0,001	-	-0,001	-0,001	0,0000	0,0960	1,4300	0,0100	7,6630	0,0470	-0,0002	15,6300	-	
LCH-14	JUN	0,0009	0,010	0,119	-0,03	0,0362	-0,0003	31,39	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	0,0005	0,0748	2,705	0,0083	0,139	0,0297	0,0292	4,84	
SET	-0,0002	0,001	-0,007	0,021	0,024	-0,0004	29,990	-0,001	-	-0,001	0,001	0,007	0,029	1,190	0,010	7,001	0,048	-0,0002	0,9000	-	
LCH-15	JUN	0,0006	0,034	0,135	-0,03	0,0342	-0,0003	31,48	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	0,0045	0,1180	2,061	0,0098	0,233	0,0312	0,0003	0,01	
SET	-0,0002	0,0430	-0,007	0,0270	0,0340	-0,0005	31,8800	-0,001	-	-0,001	0,010	0,0060	0,0420	1,0800	0,0120	0,9270	0,0060	-0,0002	0,0700	-	
LCH-16	JUN	-0,0002	-0,001	0,101	-0,03	0,0273	-0,0003	35,62	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	-0,0004	-0,0008	0,218	-0,0002	0,113	0,0121	0,0082	-0,0005	0,02
SET	-0,0002	0,0340	-0,007	0,0220	0,0310	-0,0005	27,3900	-0,001	-	-0,001	0,0010	0,0080	0,0415	1,0800	0,0096	6,8910	0,0380	-0,0002	0,8400	-	
LCH-17	JUN	-0,0002	-0,001	0,098	-0,03	0,0268	-0,0003	32,83	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	-0,0004	-0,0008	0,234	0,0117	0,116	0,0109	-0,0005	4,40	
SET	-0,0002	0,0360	-0,007	0,0460	0,0380	-0,0005	29,5600	-0,001	-	-0,001	0,0010	0,0040	1,1540	1,3900	0,0140	0,0030	0,0460	-0,0002	0,6000	-	
LCH-18	JUN	0,0006	0,010	0,124	-0,03	0,0371	-0,0003	34,87	-0,0004	-0,0004	-0,0001	-0,0003	0,0030	0,0221	0,0091	0,0703	2,200	0,0140	0,482	0,0005	4,74
SET	-0,0002	0,0190	-0,007	0,0290	0,0320	-0,0005	29,7600	-0,001	-	-0,001	-0,001	-0,0002	0,0160	1,1000	0,0130	0,0030	0,0380	-0,0002	0,8900	-	
LCH-19	JUN	0,0006	-0,001	0,135	-0,03	0,0360	-0,0003	33,86	-0,0004	-0,0004	0,0021	0,0277	0,0048	0,0773	2,218	0,0121	7,077	0,0330	0,0231	-0,76	

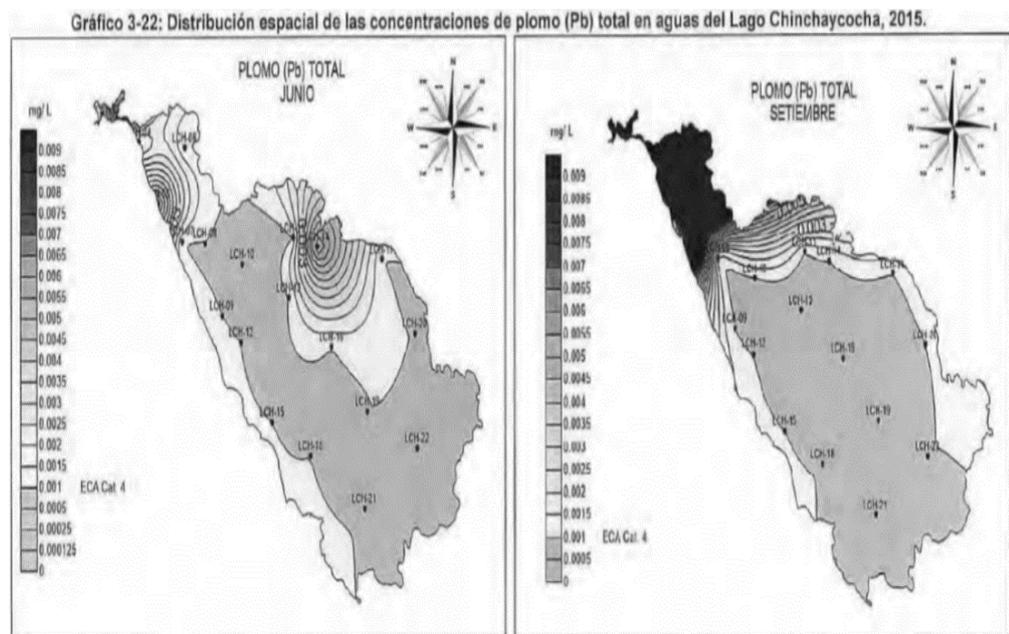
Fuente: Informe de Evaluación Ambiental del Lago Chinchaycocha.

6. Resultados de plomo(Pb) total en agua superficial del lago Junín, 2105.



Fuente: Informe de Evaluación Ambiental del Lago Chinchaycocha.

7. Distribución espacial de las concentraciones de plomo(Pb) total en aguas del lago Junín, 2015.



5. En el mes de junio, el lago Chinchaycocha presentó una distribución espacial de plomo (Pb) total muy variable; por un lado una gradiente significativa, con tendencia ascendente y focalizada entre los puntos próximos al Delta Upamayo y la zona norte del lago, con concentraciones superiores al ECA, mientras que la zona céntrica y sureste del lago presentaron concentraciones homogéneas con valores de plomo (Pb) total por debajo del ECA.

Fuente: Informe de Evaluación Ambiental del Lago Chinchaycocha.

8. Resultados de los metales totales tomados del fondo del lago Junín, 2015.

Tabla 3-6: Resultados de los metales totales tomados de fondo del lago Chinchaycocha, 2015.

Metales Totales (mg/L)	PUNTOS DE MUESTREO												ECA Cat. 4 – Conservación del Ambiente Acuático Lagunas y Lagos
	LCH-13P		LCH-16P		LCH-17P		LCH-19P		LCH-20P		LCH-22P		
	JUN	SET	JUN	SET	JUN	SET	JUN	SET	JUN	SET	JUN	SET	
Plata	<0.0002	<0.002	0,0035	<0.002	0,0007	<0.002	0,0012	<0.002	0,0009	<0.002	<0.0002	<0.002	-
Aluminio	<0.001	0,0480	0,027	0,0340	0,009	0,0670	0,008	0,0230	0,022	0,0410	<0.001	0,0210	-
Arsénico	0,1113	<0.007	0,117	<0.007	0,124	<0.007	0,099	<0.007	0,112	<0.007	0,095	<0.007	0,01
Boro	<0.03	0,0230	<0.03	0,0200	<0.03	0,0320	<0.03	0,0260	<0.03	0,0220	<0.03	0,0220	-
Bario	0,0281	0,0320	0,0345	0,0350	0,0339	0,0390	0,0332	0,0340	0,0326	0,0420	0,0283	0,0350	0,7
Benito	<0.0003	<0.0005	<0.0003	<0.0005	<0.0003	<0.0005	<0.0003	<0.0005	<0.0003	<0.0005	<0.0003	<0.0005	-
Calcio	31,97	29,7600	34,05	32,4000	31,19	31,0300	34,34	32,4000	30,14	28,7600	30,17	28,8500	-
Cadmio	<0.0004	<0.001	<0.0004	<0.001	<0.0004	<0.001	<0.0004	<0.001	<0.0004	<0.001	<0.0004	<0.001	0,004
Cerio	0,0057	-	<0.0004	-	<0.0004	-	<0.0004	-	<0.0004	-	0,0056	-	-
Cobalto	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-
Cromo	<0.0003	0,0020	0,0234	0,0020	0,0188	0,0030	0,0156	<0.001	0,0131	0,0030	<0.0003	<0.001	-
Cobre	<0.0004	0,008	0,006	0,006	0,004	0,005	0,005	0,017	0,004	0,003	<0.0004	0,030	0,02
Hierro	<0.0005	0,1240	0,1318	0,0640	0,0903	1,8870	0,0806	0,0270	0,0982	2,1370	<0.0005	0,0250	-
Potasio	2,723	1,1600	2,203	1,2500	2,196	1,4900	2,311	1,2700	2,257	1,4100	2,707	1,3200	-
Litio	0,0083	0,0100	0,0110	0,0110	0,0103	0,0130	0,0109	0,0100	0,0101	0,0130	0,0080	0,0095	-
Magnesio	8,111	7,1670	7,851	7,4890	8,025	9,2880	7,833	8,3370	7,727	9,1170	7,841	7,8790	-
Manganeso	0,0240	0,0690	0,0325	0,0460	0,0394	0,0680	0,0381	0,0450	0,0369	0,0740	0,0455	0,0470	-
Molibdeno	<0.0005	<0.002	<0.0005	<0.002	<0.0005	<0.002	<0.0005	<0.002	<0.0005	<0.002	<0.0005	<0.002	-
Sodio	5,03	5,8300	4,97	5,9100	4,45	6,8800	7,83	5,1300	5,10	6,6200	5,02	5,8300	-
Niquel	<0.0005	<0.002	<0.0005	<0.002	<0.0005	<0.002	<0.0005	<0.002	<0.0005	<0.002	<0.0005	<0.002	0,025
Fosforo	0,20	0,0200	<0.01	0,0200	<0.01	0,0300	<0.01	0,0100	<0.01	0,0200	0,23	0,0100	-
Plomo	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,001

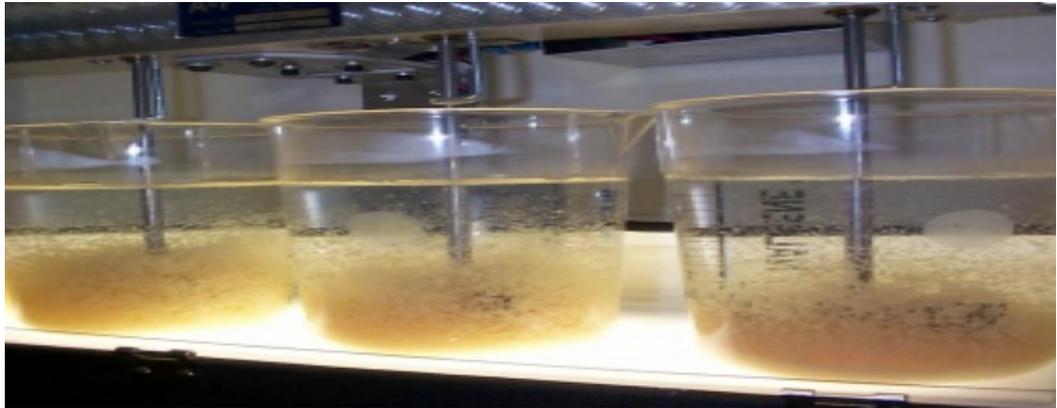
Fuente: Informe de Evaluación Ambiental del Lago Chinchaycocha.

9. Puntos de monitoreo de la calidad de agua del lago Junín.



Fuente: Elaboración Propia.

10. Proceso de adsorción de plomo (II) sobre carbón activado



Fuente: Propia.

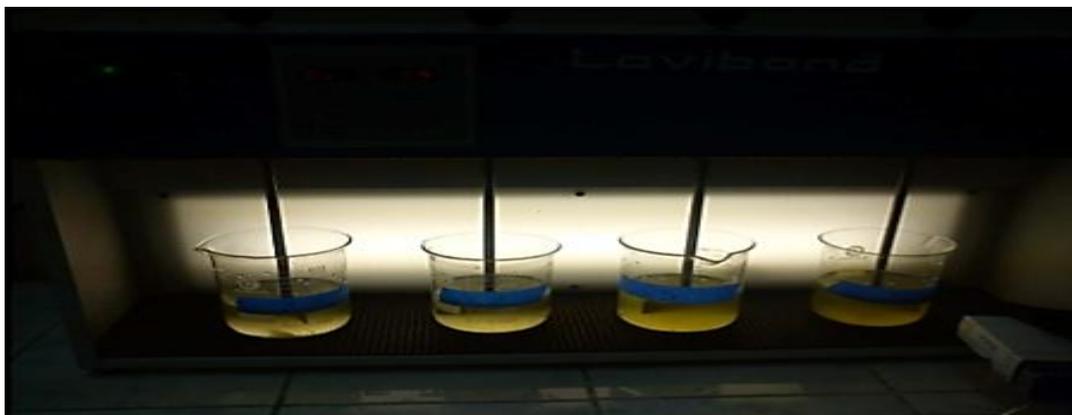
11. Trabajo experimental en la Compañía Minera Casapalca.



Fuente: Propia

12. Equipos y Materiales.

12.1. Equipo de prueba de jarras.



Fuente: Propia.

12.2. Balanza analítica.



Fuente: Propia.

12.3. Agitador Magnético.



Fuente: Propia.

12.4. Fiolas.



Fuente: Propia

12.5. pHmetro.



Fuente: Propia.

12.6. Pipetas.



Fuente: Propia.

12.7. Vaso de Precipitación(300mL).



Fuente: Propia.

13. Declaración jurada de autenticidad y de no plagio.

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Acuña Ojeda Billy Walter, Bachiller en Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Alas Peruanas – Filial Huancayo, identificado con DNI. 71477336.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la Tesis titulada:

“Adsorción de plomo(II) usando carbón activado comercial como adsorbente en el tratamiento de las aguas contaminadas del Lago Junín, departamento Junín”. La misma que presento para optar por el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

2. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros, debido a que no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, además de no haber sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional previo.
3. El trabajo experimental realizado en la tesis presentada es real, trabajándose en el Lago Junín, del cual se tomaron cinco puntos de muestreo de donde se obtuvo un total de 40 muestras.
4. Para las pruebas de adsorción se utilizó 1000 g de carbón activado comercial marca Merck, utilizando para tal proceso el Equipo de Prueba de Jarras.
5. Los datos presentados en los resultados (Porcentaje de adsorción, el análisis de distribución de tenencia normal, el análisis de varianza y la comparación múltiple de medias) son reales, no han sido falsificados ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto mediante la presente asumo frente a la Universidad Alas Peruanas cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría del contenido de la tesis, así como por los derechos de la obra presentada. En consecuencia, me hago responsable de cualquier daño que pudiera ocasionar a la universidad o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado. De identificarse fraude, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicada anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción deriven.

Huancayo, 18 octubre del 2018.



CERTIFICACIÓN A LA VUELTA →

CERTIFICO: QUE LA FIRMA QUE ANTECEDE, PERTENECE
A SR. (A) BILLY WALTER DORTA OJEDA
IDENTIFICADO (A) CON DNI N° 71477335 EL NOTARIO
NO ASUME RESPONSABILIDAD SOBRE EL CONTENIDO DEL
DOCUMENTO
EL TAMBO - HUANCAYO DE 18 OCT 2018 DE



Victor Rojas Pozo
NOTARIO
EL TAMBO - HUANCAYO

