



FACULTAD DE MEDICINA HUMANA Y CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

TESIS

**“PURIFICACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS CON PLOMO UTILIZANDO
DIATOMITA”**

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE QUIMICO FARMACEUTICO

BACHILLER

García Pariona, Luz Aurora

ASESOR

Qf. Miranda Paredes, Jean Paul

LIMA PERU

2016

Se dedica este trabajo a mis padres, que han sido una inspiración y que me han brindado su cariño y apoyo durante toda la carrera profesional.

Se agradece por su contribución para el desarrollo de esta tesis al Dr. Paul Mendoza Murillo, Qf. Miranda Paredes Jean Paul y IQ. Chávez Manuel por el apoyo brindado antes, durante y después de la investigación.

RESUMEN

En este estudio, se evaluó el efecto de adsorción de la diatomita en agua contaminada con plomo y la evaluación de sus parámetros de adsorción, realizando una cinética de adsorción. Con el fin de determinar el tiempo de equilibrio de la adsorción de plomo y para determinar las concentraciones de plomo en las soluciones, se empleó la técnica de absorción atómica con horno de grafito, se empleó un equipo Perkin Elmer modelo Analyst 800 y con ello se utilizó 0,1 gramo de la muestra de diatomita que proviene de un yacimiento de la localidad de Collpa, distrito de Palca en el departamento de Tacna y 5000ug de plomo. Los resultados obtenidos de la capacidad de adsorción de Plomo es de 2.925 mg/g en un tiempo de 200 minutos se probaron dos modelos matemáticos para evaluar el tipo de cinética que siguen estos sistemas, y se comprobó que el mejor modelo cinético es el de pseudo-segundo orden debido a que los parámetros de coeficiente de correlación y a la proximidad del valor de capacidad e adsorción teórica con el experimental $q_e, \text{exp (mg/g)}$, 3.024, $q_e, \text{cal (mg/g)}$ 3.003 y R^2 1.0000 por un proceso de quimisorción, quedando los iones plomo en la superficie de la diatomita, en sitios activos. En la evaluación de la adsorción de plomo con diatomita a diferente temperatura no hubo diferencia significativa en las tres temperaturas realizadas pero se observa que en 25 C° hay una mayor adsorción 2.75 q_e (mg/g). En la evaluación de pH se observa que la máxima adsorción se da entre los valores de pH 6, 2.680 q_e (mg/g) y pH de 7, 2.7007 q_e (mg/g).

ABSTRAC

In the present study, it was evaluated the diatomite adsorption effect in contaminated water with lead and the examination of its adsorption parameters by making an adsorption kinetics.

In order to determine the equilibrium time of the lead adsorption and the lead concentrations in the solutions, it was used the atomic absorption technique with graphite furnace, it was used a Perkin Elmer equipment which model is Analyst 800, thus, it was used 0,1 gram of the diatomite sample which come from a deposit of Collpa, district of Palca in the department of Tacna and 500um of lead.

The results obtained of the lead absorption capacity is 2.925mg/g, in 200 minutes two mathematical models were tested to evaluate the type of kinetics which follows these systems, and we confirmed that the best kinetics model is the pseudo-second order because of correlation coefficient parameters and the proximity of theoretical absorption capacity value with experimental $q_e, \text{exp (mg/g)}$, 3.024, $q_e, \text{cal (mg/g)}$ 3.003 y R^2 1.0000 by a chemisorption process, which leave lead ions in the surface of diatomite, in active sites.

In assessing the lead adsorption with diatomaceous earth at different temperatures was no significant difference in the three temperatures made but is observed that in 25 ° C there is a greater adsorption q_e 2.75 (mg / g) . In the evaluation of pH it shows that maximum adsorption occurs between pH 6 , 2680 q_e (mg / g) and pH 7 , 2.7007 q_e (mg / g) .

ÍNDICE

Carátula.....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimientos.....	III
Resumen.....	IV
Abstract.....	V
Introducción.....	XIII
CAPITULO I PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	15
1.2 Formulación del problema.....	16
1.2.1 Problemas Específicos.....	16
1.3 Objetivos de la Investigación.....	17
1.3.1 Objetivo General.....	17
1.3.2 Objetivo Específico.....	17
1.4 Hipótesis de la Investigación.....	17
1.4.1 Hipótesis General.....	17
1.4.2 Hipótesis Específicos.....	17
1.5. Justificación e Importancia de la Investigación.....	18
1.5.1 Justificación de la Investigación.....	18
1.5.2 Importancia de la Investigación.....	19

CAPITULO II MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	21
2.1.1 Antecedentes Nacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	23
2.2. Bases Teóricas.....	24
2.2.1 Metales pesados.....	24
2.2.2 Metales pesados en agua.....	24
2.2.3. Metales pesados en ecosistemas.....	25
2.2.4 Impacto ambiental.....	26
2.2.5 Plomo.....	26
2.2.6 Fuentes de plomo.....	27
2.2.7 Toxicidad de plomo.....	28
2.2.8 Características Toxicocinéticas de plomo.....	31
2.2.9 Características toxicodinámicas de plomo.....	31
2.2.10 Tierra de diatomeas.....	31
2.2.11 Modificaciones y componentes de la diatomita.....	36
2.2.12 Procesos de adsorción.....	38
2.2.12.1 Cinética de adsorción.....	38
A.-Modelo Cinético de pseudo primer orden.....	39
b.- Modelo cinético de pseudo segundo orden.....	39
2.2.13 Quimisorción.....	40
2.2.13.1 Características de la quimisorción.....	41
2.2.14 Determinación de metales por absorción	
Atómica – Horno de grafito.....	41

CAPITULO III METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	44
3.1 Tipo de investigación.....	44
3.1.1 Método.....	44
3.1.2 Técnica.....	44
3.1.3 Diseño.....	44
3.2 Población y muestreo de la investigación.....	45
3.2.1 Población.....	45
3.2.2 Muestra.....	45
3.3 Variables e Indicadores.....	45
3.3.1 Variable Independiente.....	45
3.3.2 Variable Dependiente.....	46
3.4 Técnica e instrumento de recolección de datos.....	46
CAPITULO IV PRESENTACION, ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	47
4.1.- Materiales y equipos.....	47
4.1. 2. Métodos estadísticos empleados.....	48
4.2. Cinética de la adsorción de plomo sobre diatomita.....	49
4.2.1. Determinación de las concentraciones de	
Plomo en solución.....	49
4.2.2 Cinética de la adsorción de plomo sobre diatomita.....	50
4.3 Evaluación de los parámetros de adsorción.....	56
4.3.1. Efecto de la temperatura del sistema sobre	
la capacidad de adsorción.....	56
4.3.2 Efecto de la temperatura sobre la adsorción	
de plomo sobre diatomita.....	57

4.3.3.	Influencia del pH en el proceso de adsorción.....	58
4.3.4	Efecto del pH sobre la adsorción de plomo	
	sobre diatomita.....	58
	Discusión.....	60
	Conclusiones.....	61
	Recomendaciones.....	62
	Bibliografía.....	63
	Anexos.....	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros a considerar de los metales.....	69
Tabla 2	Se pueden apreciar las diferencias químicas entre las tierras de diatomeas según el tipo de tratamiento.....	71
Tabla 3	Criterio de distinción de quimisorción y adsorción Física.....	71
Tabla 4	Cinética de la adsorción de plomo sobre diatomita.....	71
Tabla 5	Datos obtenidos al aplicar el modelo de pseudo primer orden.....	53
Tabla 6.	Datos obtenidos al aplicar el modelo de pseudo segundo orden.....	55
Tabla 7	Evaluación de la cinética de la adsorción de plomo sobre diatomita.....	56
Tabla 8	Efecto de la temperatura en la capacidad de adsorción de plomo sobre diatomita.....	57
Tabla 9	Efecto del pH sobre la adsorción de plomo sobre diatomita	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Micrografía de la tierra de diatomeas (magnificación 1960X).....	72
Figura 2	Lámparas en EAA, lámpara de cátodo hueco (1) y de descarga sin electrodos.....	72
Figura 3	Fotos en polvo de la diatomita.....	73
Figura 4	Fotos del proceso de adsorción de plomo sobre diatomita.....	73

LISTA DE GRAFICOS

Grafico 1.	Curva cinética de adsorción de plomo sobre Diatomita.....	51
Grafico 2.	Gráfica de la cinética de pseudo-primer orden, forma lineal.....	53
Grafico 3.	Gráfica de la cinética de pseudo-segundo orden forma lineal.....	55
Grafico 4	Efecto de la temperatura sobre la eficiencia de Adsorción.....	57
Grafico 5	Efecto del pH sobre la adsorción de plomo sobre Diatomita.....	59

INTRODUCCION

La disposición de residuos industriales en cuerpos de agua y suelos está causando serios problemas a los recursos naturales, poniendo en peligro el equilibrio de los distintos ecosistemas y la salud pública de habitantes de los mismos. Entre los residuos que representan mayor riesgo para la salud humana y el equilibrio de los ecosistemas en general están los metales pesados, debido a su toxicidad a bajas concentraciones y porque son bioacumulables y no biodegradables. El plomo es un metal blando con aplicaciones en productos metálicos, cables, tuberías, pinturas y pesticidas, y cuyo efecto tóxico sobre la salud humana es reconocido. Todos estos metales se absorben principalmente por las vías respiratorias y digestivas depositándose en el pulmón, riñón, hígado, páncreas y tiroides, entre otros generando problemas como disminución en la fertilidad de mamíferos, enfermedades cardiovasculares y cáncer entre otros y pueden acumularse igual en suelos y sedimentos procedentes de aguas residuales industriales.

Las diatomitas son rocas silíceas de origen biogénico, inertes y de baja toxicidad, compuestas por caparzones fosilizados de plantas acuáticas unicelulares morfológicamente sencillas, las diatomeas. Se forman por la acumulación sedimentaria de frústulas de diatomeas²⁹. Están constituidas esencialmente de sílice hidratada, ya sea en forma amorfa o cristalina según la concentración de sílice en la fuente de agua y la edad del yacimiento. Soluciones sobresaturadas de sílice favorecen la precipitación de ópalo el cual según la antigüedad del depósito cambia su morfología hasta convertirse en cuarzo³⁰. Entre sus impurezas se encuentra la alúmina y el hierro, así como detritos sedimentarios que acompañan al material por su origen³¹. Por sus propiedades físicas, químicas y térmicas, como gran área superficial por unidad de masa, baja densidad

aparente, químicamente inerte y aislante térmico en un amplio rango de temperatura; son aptas para diversas aplicaciones industriales, entre las que se encuentran su uso como filtro, absorbente y su uso como materia prima para la fabricación de ladrillos y cemento³². No obstante, ha sido utilizada también como materia prima para la síntesis de nuevos materiales en aplicaciones más específicas como las zeolitas³³.

En este orden de ideas, la diatomita constituye una valiosa herramienta ya que gracias a sus propiedades fisicoquímicas, abre la posibilidad para el desarrollo de nuevas tecnologías sobre síntesis de materiales como las zeolitas, aluminosilicatos de estructura cristalina con gran capacidad de adsorción e intercambio iónico, de sales inorgánicas con metales pesados, para su aplicación en la remediación de problemas ambientales en el país, que hasta ahora no figuran dentro de los usos convencionales de la diatomita³⁵

Y como objetivo es evaluar la capacidad de remoción de plomo en aguas contaminadas con el empleo de la diatomita y el estudio de sus parámetros de adsorción, este trabajo permite potenciar su uso en la purificación de aguas residuales por metales pesados y por lo tanto aumentar el valor agregado a los recursos de explotación industrial de diatomita, y la mitigación del impacto ambiental, el mejoramiento de la calidad de vida.

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

El desarrollo tecnológico de diversos satisfactores como el automóvil, los aparatos eléctricos y los equipos electrónicos; entre otros, origina una transferencia de materia y energía que ocasiona contaminación en el ambiente. En algunos países, el problema de la contaminación ha sido reconocido como grave, y por lo tanto, es uno de los retos más importantes que se tienen que enfrentar. La contaminación del agua puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda, es la provocada por el hombre, principalmente en los procesos industriales. Una corriente de agua puede contaminar en forma directa o indirecta y las causas pueden ser físicas, químicas, biológicas, térmicas y radiactivas. Los contaminantes pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, y por su naturaleza química ser orgánicos o inorgánicos, tales como la materia orgánica soluble, aceites y grasas, nutrientes, sólidos en suspensión y material coloidal, color, turbidez y olor, acidez o alcalinidad, metales pesados, contaminantes orgánicos especiales, etc. Los metales pesados son elementos con una densidad mayor a 5 g/cm³ en su forma elemental¹. Los metales pesados como el plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg) entre otros, que están presentes en las aguas residuales industriales, son dañinos para el medio ambiente². Debido a su toxicidad, la presencia de estos metales en los ecosistemas acuáticos, causa efectos nocivos a

los organismos que en ellos habitan. En muchos casos estos organismos acuáticos contaminados son fuente de alimentación humana y entonces, se genera un problema de salud pública³.

Los metales pesados generalmente forman compuestos que pueden ser tóxicos, carcinógenos o mutagénicos aún en concentraciones muy bajas ⁴. El peligro que los metales pesados causa a los humanos y al medio ambiente, ha provocado que las autoridades ambientales exijan controles más estrictos sobre los límites máximos permisibles de estos metales en el agua potable⁵. Sin embargo, las regulaciones actuales solo pueden prevenir futuras contaminaciones y la única respuesta para los desastres ambientales del pasado, es la remediación.

1.2 Formulación del problema

¿Tendrá el agente adsorbente (diatomita) la capacidad de remover plomo?

1.2.1 Problemas Específicos

PE1 ¿Se podrá evaluar la capacidad de remoción de plomo utilizando diatomita a diferentes temperaturas?

PE2 ¿Se podrá evaluar la capacidad de adsorción en plomo utilizando diatomita a diferentes pH de la solución?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

OG Evaluar la capacidad de remover plomo de aguas contaminadas con el empleo de la diatomita y estudiar sus parámetros de adsorción

1.3.2 Objetivos Específicos

OE1 Evaluar la capacidad de adsorción en plomo utilizando diatomita a diferentes temperaturas de la solución

OE2 Evaluar la capacidad de adsorción en plomo utilizando diatomita a diferentes pH de la solución.

1.4 Hipótesis de la Investigación

1.4.1 Hipótesis General

HG La diatomita tiene la capacidad de remover plomo en aguas contaminadas, en sus diferentes parámetros de adsorción.

1.4.2 Hipótesis Específicos

HE1. La diatomita absorbe plomo a diferentes Temperaturas

HE2. La diatomita adsorbe plomo a diferentes PH de solución.

1.5 Justificación e Importancia de la Investigación

1.5.1 Justificación de la Investigación

La contaminación del agua por metales pesados como el plomo, se atribuye a procesos industriales de metalurgia, aleaciones y chapeado de metales, así como al desecho de baterías y anticongelantes de uso doméstico y automotriz que micro y medianas empresas llevan a cabo con escasa regulación ambiental, por lo que la contaminación del agua de los ríos y los mantos freáticos que abastecen las zonas urbanas, se ha convertido en un problema ambiental y de salud humana muy grave.

Las técnicas tradicionales usadas para reducir la concentración de metales contaminantes tienen inconvenientes considerables a la hora de ser aplicados a escala industrial, dado que involucran altos costos de operación, generan otros desechos tóxicos (lodos residuales) y en algunos casos es difícil alcanzar y mantener estrictos requerimientos regulatorios.

Generalmente los trabajos que abordan el problema de la contaminación del agua por metales pesados utilizando biosorbentes solo contemplan experimentación, discusiones y aportaciones importantes en sistemas por lotes, dejando como una gran área de oportunidad el estudio de los sistemas continuos.

En los sistemas continuos es posible ajustar los resultados experimentales a modelos de adsorción o de intercambio iónico, modelar el proceso dinámico y llevar a cabo el estudio de la hidrodinámica y la estimación de

los coeficientes cinéticos y de transferencia de masa que permitan su escalamiento.

La adsorción es considerada particularmente competitiva y efectiva como proceso de remoción de cantidades de metales pesados. En teoría, cualquier material sólido con una estructura de micro poros puede ser usado como un adsorbente, por ejemplo; los huesos, carbón, arcillas, óxidos de hierro sintéticos o naturales zeolitas y carbón activado. La más importante propiedad de cualquier adsorbente es la superficie específica y su estructura, en adición, la naturaleza química y polaridad de la superficie adsorbente puede influenciar las fuerzas atractivas entre el adsorbente y adsorbato

la diatomita ya ha sido usada para la adsorción de diferentes elementos y sustancias del agua y del agua residual, tanto en su forma natural (cruda) o modificada (químicamente o térmicamente), presentando muy prometedores y positivos resultados.

1.5.2 Importancia de la Investigación

En épocas recientes la adsorción ha ganado importancia como un efectivo sistema de purificación y separación usado en el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados y poder potabilizar. Los sistemas de adsorción rápidamente se han posicionado como tratamientos que producen buena calidad del agua conteniendo bajas concentraciones de materia orgánica e inorgánica. Las tecnologías de adsorción incluyen

adsorción física y química e intercambio de iones, tienen el potencial de tratar agua y residuos industriales. La remoción de metales pesados de las aguas industriales es considerada una importante aplicación del proceso de adsorción usando un adsorbente adecuado. Hay un creciente interés en usar un material comercialmente disponible y a bajo costo para la remoción metales pesados. Es aquí donde la tierra de diatomeas salta a la vista como un resultado de la búsqueda y están siendo analizadas por su factibilidad de una alternativa a bajo costo del carbón activado.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Nacionales

AN1 Carmencita Lavado Meza , Maria del Rosario SunKou, Salvador Bendezu Dpto. de Ciencias - Sección Química, Pontificia Universidad Católica del Perú junio 2010 Se logro obtener carbones activados con buenas capacidades adsorbentes de Pb(II), a partir de astillas de eucalipto (Labill) mediante activación química con H₃PO₄. Las condiciones de preparación empleadas en la activación ejercen una marcada influencia sobre la capacidad de adsorción de Pb(II); dichas condiciones fueron: razón agente activante/precursor = 1,0 y temperatura de activación = 600 °C (P1,0/600). La máxima cantidad de plomo adsorbido por gramo de carbón fue de 142,1 mg/g. Los resultados obtenidos indicaron que con un control de los parámetros de activación se puede lograr obtener carbones activados con buenas propiedades adsorbentes. Los resultados de la caracterización indicaron que se obtuvo carbones activados con micro y meso porosidad y con altas áreas superficiales (hasta 761 m²/g). Se identifico la presencia de los grupos funcionales hidroxilos en la superficie del carbón activo (P1,0/600), que fueron los que favorecieron la adsorción de Pb(II).Se obtuvieron máximas remociones a un pH igual a 5, el proceso de adsorción se dio por interacción electrostática e intercambio iónico. El modelo cinético que describe mejor el proceso de adsorción fue el de pseudo segundo orden, lo que indica que se produce una quimisorción del plomo sobre el carbón

activado. En tanto que, los datos experimentales de las isoterms se ajustaron mejor al modelo propuesto por Langmuir, el cual representa una adsorción en monocapa. El estudio termodinámico indicó que el proceso de adsorción de plomo es factible y espontáneo.

Con la muestra P1,0/600 se logró adsorber un 99,9% de plomo contenido en efluente industrial lo que lo hace muy atractivo para su utilización en la remoción de plomo de efluentes industriales contaminados³⁷

AN2 HIYAGON ARROYO, GENEVIE VALERIA Perú – Lima 20012 utilizaron filtros adsorbentes hechos de arcilla en tres sistemas de concentración de plomo para remover concentraciones de plomo en soluciones acuosas. Donde se desarrolló una técnica reproducible de fabricación de filtros porosos de discos de bentonita-aserrín y de bentonita, caolinita y dolomita, así como de filtros porosos cilíndricos de bentonita, caolinita y dolomita mediante procesos de mezcla, tamizado, compactación y calcinación. Las pruebas de adsorción de los los filtros de disco hechos de bentonita y aserrín pueden retener plomo con un coeficiente de adsorción de 1 mg de Pb / g de adsorbente y Las pruebas de adsorción de filtros de disco hechos de bentonita, caolinita y dolomita pueden retener plomo con un coeficiente de adsorción de 1 mg de Pb /g de adsorbente. Las pruebas de adsorción de los filtros cilíndricos hechos de bentonita, caolinita y dolomita pueden retener plomo con un coeficiente de adsorción de 2 mg de Pb /g de adsorbente²⁹.

2.1.2 Antecedentes internacionales

AI1PLÁCIDO MEZA BAZÁN México, 2013 numerosos estudios han sido realizados para investigar las potenciales aplicaciones de la tierra de diatomeas como adsorbentes para la remoción de uranio, iones de metales pesados y colorantes textiles de las aguas residuales. En relación a su utilización como adsorbente la Tierra de diatomeas natural mostro muy buenos valores de adsorción de los iones Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} y As^{3+} del agua residual sintética, pero fue con el ion As^{3+} que alcanzo grandes porcentajes de adsorción superiores al 99.9 %, con los que incluso logro cumplir los límites máximos permisibles dela norma NOM-003-SEMARNAT-1997

Finalmente conforme a los análisis de los resultados de calidad del agua realizados en este trabajo para contaminantes microbiológicos y metales pesados, se demuestra que la Tierra de diatomeas debe ser considerada como una alternativa eficaz de tratamiento de aguas residuales pues posee características únicas que la hacen un excelente medio filtrante de bajo costo y de fácil implementación y operación²⁷

2.2.- Bases Teóricas

2.2.1 Metales Pesados

Los metales pesados son todos aquellos que tienen una densidad mayor de 5 g cm⁻³, poseen una conductividad eléctrica alta, son dúctiles, la mayoría son elementos de transición con capacidad para formar compuestos que pueden o no sufrir actividad redox. De los 902 elementos que se encuentran naturalmente 21 son no metales, 16 son metales ligeros y los tres restantes, incluyendo el As, son metales pesados. Se incluyen el Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Co, Hg, Ni, Pb, Al y Se. ⁶

2.2.2 Metales Pesados en Agua

El agua es considerada muy importante y escasa en muchos países alrededor del mundo. En particular, la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales con metales pesados es concerniente a todos. Industrias tal como la Minera, cerámica, vidriera, manufactura de baterías, teñido de telas son considerados como los principales generadores de metales pesados, por ejemplo; cadmio, cromo y mercurio, en las descargas de aguas locales es donde mayor importancia tiene en relación a la salud pública⁷. En particular los iones de metales pesados, constituyen un número mayor de contaminantes de agua. La mayoría de los metales pesados son conocidos por ser tóxicos y ser agentes cancerígenos y, cuando son descargados en las aguas residuales, representan un serio problema a la población humana⁸. Recurrentemente muchas industrias usan metales

pesados en sus líneas de producción de materiales y consecuentemente descargan tales metales a los cuerpos de agua, en el caso de las fuentes de agua para consumo humano estas descargas han empezado a ser estrictamente controladas.

2.2.3 Metales Pesados en Ecosistemas

A partir de actividades industriales, se han generado problemas de contaminación por vertimientos con alta carga de metales pesados como el cadmio, plomo y níquel. Debido a su movilidad en los ecosistemas acuáticos y toxicidad, los metales se han considerado como uno de los contaminantes que más afectan al medio ambiente, pues aún cuando se encuentren presentes en cantidades bajas e indetectable, su persistencia en cuerpos de agua, implica que a través de procesos naturales como la biomagnificación, su concentración puede llegar a ser tan elevada que empieza a ser tóxica⁹. ver tabla 1

Los metales pesados difieren de otros contaminantes por no ser biodegradables y por bioacumularse en casos en los que no hacen parte de los elementos traza necesaria para el organismo como el zinc, el hierro, el cobre, el manganeso, molibdeno y níquel¹⁰. Poseen una gran habilidad para unirse con gran variedad de moléculas orgánicas, como es el caso del Cu, Ni y Cd¹¹. Los procesos de bioacumulación son debidos básicamente a la imposibilidad, por parte del organismo afectado, para eliminar el contaminante, lo que hace que poco a poco incrementa la concentración en

el interior del mismo. Una vez incorporados a los tejidos, sus efectos tóxicos dependen de las interacciones que allí formen pues los metales muestran gran afinidad por grupos sulfhidrilo y en menor medida por grupos amino, fosfato, carboxilo, imidazol e hidroxilo, pertenecientes a enzimas y otras proteínas esenciales^{9.12}.

El estar presentes en altos niveles en los vertimientos de industrias, pueden causar cambios físicos, químicos y biológicos dentro de los cuerpos de agua, tales como turbidez, viscosidad, aumento de la demanda de oxígeno, cambios bruscos en el pH, entre otros. Igual pueden generar a la muerte de organismos superiores, además de comprometer seriamente la calidad del agua que sea requerida para consumo humano¹².

2.2.4 Impacto Ambiental

Las descargas de diferentes industrias, principalmente de metalurgias, baterías, pinturas entre otras, a los cuerpos de agua ocasionan efectos negativos sobre la vida acuática y los usos posteriores; un cuerpo de agua contaminado disminuye el valor de su uso como agua para bebida o para fines agrícolas e industriales, afecta la vida acuática. Por otra parte, si su uso es indispensable, los costos de tratamiento se tornan muy altos. En el agua las sales solubles, son muy tóxicas y acumulables por los organismos que las absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias¹³.

2.2.5 Plomo

Elemento químico, Pb, número atómico 82 y peso atómico 207.19, las valencias químicas normales son 2 y 4. Es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 a 16°C (61 °F)), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4°C (621.3 °F) y hierve a 1725°C (3164 °F). Relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos¹⁴. El plomo se encuentra en la naturaleza formando una gran variedad de minerales, entre los que se encuentran principalmente la galena (PbS), la anglesita (PbSO₄) y la cerusita (PbCO₃)¹⁴.

2.2.6 Fuentes del plomo

Industrialmente los compuestos más importantes del plomo son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial. Se emplea en baterías, aditivos de la gasolina, productos rodados y sacados, aleaciones, pigmentos y compuestos, cable que forra, tiro y munición. Su

utilización como cubierta para cables de teléfono y de televisión sigue siendo una forma de empleo adecuada para el plomo, en especial por su ductilidad (Ministerio del Medio Ambiente, 2000). Su uso en pigmentos ha sido muy importante, aunque se ha reducido; el pigmento que se utiliza más, en que interviene este elemento, es el blanco de plomo $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$; otros pigmentos importantes son el sulfato básico de plomo y los cromatos de plomo¹⁵. Se utilizan una gran variedad de compuestos de plomo, como los silicatos, los carbonatos y sales de ácidos orgánicos, como estabilizadores contra el calor y la luz para los plásticos de cloruro de polivinilo. El azuro de plomo, $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, es el detonador estándar para los explosivos. Los arsenatos de plomo se emplean en grandes cantidades como insecticidas para la protección de los cultivos. El litargirio (óxido de plomo) se emplea mucho para mejorar las propiedades magnéticas de los imanes de cerámica de ferrita de bario¹⁴.

2.2.7 Toxicidad de Plomo

El plomo ha sido objeto de amplios estudios tanto en animales de experimentación como en humanos, los cuales han permitido el conocimiento de su toxicología. El plomo inorgánico absorbido y transportado en sangre unido al estroma del eritrocito; su concentración está en equilibrio con los tejidos blandos, no así con el hueso donde se acumula preferentemente (vida media >20 años). El sistema hematopoyético se observan efectos a concentraciones de plomo en sangre inferiores que

en otros sistemas. Estos efectos, por orden de sensibilidad, son los siguientes: inhibición de la ALA-D eritrocitaria, elevación de la protoporfirina eritrocitaria, aumento de la excreción urinaria del ácido δ -aminolevulinico y de coproporfirinas, inhibición de sodio-potasio adenosintrifosfatasa eritrocitaria y disminución de la concentración de hemoglobina. Los efectos de plomo inorgánico sobre el sistema nervioso central se denominan encefalopatía saturnina, con signos y síntomas similares en adultos y en niños: su incidencia y las secuelas permanentes parecen producirse más frecuentemente en niños. En cuanto a los derivados alquílicos, la encefalopatía producida es diferente y los síntomas adquieren carácter psiquiátrico. El metabolismo del tetraalquil plomo a trialquil plomo y a plomo inorgánico es Cit p450- dependiente y se realiza en el hígado; la forma trialquilada es transportada al cerebro y parece ser la responsable de los efectos neurotóxicos. El plomo inorgánico presenta también efectos tóxicos sobre el sistema nervioso periférico, con signos neurológicos como aminoramiento de la velocidad de la conducción motriz de las fibras más lentas de los nervios cubitales, degeneración de las células de Schwann y posible degeneración axonal walleriana. Los efectos renales del plomo son de dos tipos generales: uno tubular (aminoaciduria, hiperfosfaturia y glucosuria); es reversible y se produce con exposición relativamente breve. El segundo tipo, caracterizado anatómicamente por esclerosis y fibrosis intersticial, funcionalmente reduce la capacidad de filtración. Estas alteraciones, de naturaleza progresiva, pueden culminar en insuficiencia

renal. Como síntoma del saturnismo, el cólico es un aviso precoz bastante frecuente de estos efectos potencialmente más graves, que probablemente se producirán tras periodo prolongado de exposición. Así mismo en la encefalopatía saturnina aguda aumenta la permeabilidad capilar y origina cambios arterioscleróticos en el riñón (OMS,1979)

Las aguas con alto contenido de ácidos es más fácil la contaminación de metales ya que se movilizan, es decir de un estado insoluble inicial a un estado soluble final. Las formas solubles generalmente son iones, quelatos o complejos organometálicos no ionizables. La solubilidad de trazas de metales en las aguas superficiales está controlado predominantemente por el pH, por el tipo de concentración de los ligandos en los cuales el metal puede absorberse, y por el estado de oxidación de los componentes minerales el ambiente redox del sistema²³. En los suelos, los metales pesados, pueden quedar retenidos o disueltos en la solución del suelo por procesos de adsorción, complejación y precipitación o estar absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pasar a la atmósfera por volatilización o moverse a las aguas superficiales o subterráneas⁽¹³⁾⁽¹⁶⁾⁽²⁴⁾.

La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables. Una vez vertidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Todo el proceso y persistencia de los metales pesados en el ambiente, desencadena un sin número de efectos

nocivos para todos los seres vivos que dependen de las plantas y animales, y así sucesivamente hasta llegar a los niveles más altos de la cadena trófica, donde las concentraciones de metal pesado son mayores^{14, 16}

el cadmio puede ingerirse como máximo semanalmente 0.4-0.5mg por persona y en el agua de 10ug/l, debido a la toxicidad, mientras que para el plomo es de 3mg/kg por persona y la concentración de níquel es de 4.8mg/l de agua bebida por una persona. Las concentraciones de estos metales van a generar efectos agudos y crónicos. entre los efectos agudos, en el hombre, las principales manifestaciones son la aparición de trastornos gastrointestinales tras la ingestión y las neumonitis químicas, mientras por último los efectos crónicos, se relacionan con la disfunción renal y los trastornos pulmonares, neurológicos, sobre el sistema cardiovascular, reproductor y carcinogenicidad (OMS, 1980)¹⁷.

2.2.8 Características Toxico cinéticas del Plomo

- Absorción: por vía inhalatoria, 30%; oral 10% dérmica. Solo los compuestos orgánicos. Se conocen intoxicaciones por proyectiles (balas y perdigones) retenidos en tejido subcutáneo y muscular.
- Distribución : se transporta unido a la membrana y hemoglobina eritrocitaria, atravesando las barreras y acumulándose en hueso, riñón, hígado, musculo y cerebro

- Biotransformación: se realiza sobre los compuestos orgánicos; un mecanismo defensivo es la formación de inclusiones intranucleares de proteína y plomo en forma no difusible, que aparecen en las células renales antes que ninguna afectación funcional. también induce la síntesis de metalotioneína
- Eliminación : renal 76%, gastrointestinal y por pelos , uñas y leche
- Vida media :5 años ¹⁷

2.2.9 Características toxico dinamias del plomo

Presentan gran capacidad para formar complejos estables por unión o grupos tiólicos, carboxílicos y fosfatos, e interacciona con metales esenciales como Ca, Fe, Zn, Cu, compitiendo con ellos o modificando sus concentraciones intracelulares. Inhibe la ATPasa sódico-potásica incrementando la permeabilidad celular, la síntesis de ADN, ARN y proteínas, el consumo de glucosa y respiración celular, y las enzimas biotransformadoras. Inhibe también la síntesis del hemo por tanto de las enzimas respiratorias que lo contienen y de hemoglobina, por inhibición específica de la δ -aminolevulinico-deshidratasa (ALAD), coproporfirinogeno-oxidasay ferroquelatasa, con acumulo de metabolitos tóxicos. Además altera los microtúbulos.

La neurotransmisión química se modifica con incremento de NA y 5-HTdisminucion de GABA, DA y de la actividad adenilciclasa. La velocidad

de conducción del impulso nervioso disminuye por inhibición de ATPasa y despolarización celular¹⁷.

2.2.10 Tierra de Diatomeas

Las diatomeas son algas fotosintéticas, circulares u oblongas con frústulas compuestas de dos mitades o tecas que se superponen como una caja de Petri [de ahí su nombre, derivado del griego *diatomsos*, que significa partido en dos]. La mitad mayor es la epiteca, y la mitad menor es la hipoteca. Las diatomeas crecen en agua dulce, salada y en tierra húmeda, y forman gran parte del fitoplancton de las partes más frías del océano, son en último término la fuente de alimento más importante para los peces y otros animales marinos de estas regiones. No es usual que un litro de agua de océano contenga casi un millón de diatomeas¹⁸.

Algunas diatomeas son heterótrofos facultativos y pueden absorber, a través de los orificios de sus paredes, moléculas que contienen carbono. Las células vegetativas de las diatomeas son diploides; existen en forma unicelular, colonial o filamentosa; carecen de flagelos; poseen un único núcleo y plástidos más pequeños. La reproducción consiste en la división asexual del organismo, y cada mitad constituye después una nueva teca dentro de la vieja. Debido a este modo de reproducirse, el tamaño de las diatomeas disminuye con cada ciclo reproductor. Sin embargo, cuando disminuye aproximadamente el 30% de su tamaño original, suele producirse la reproducción sexual. La célula vegetativa diploide experimenta la meiosis

para formar gametos, que después se fusionan para formar un cigoto. El cigoto evoluciona a una auxospora, que aumenta de nuevo de tamaño, y forma una nueva cubierta. La auxospora termina por dividirse por mitosis y produce células vegetativas con frústulas normales. Las diatomeas tienen comúnmente entre 20-200 micras de diámetro o longitud¹⁹. ver figura 1

Las frústulas de diatomeas están compuestas de sílice cristalizado $[\text{Si}(\text{OH})_4]$. Cuando las diatomeas mueren, sus frústulas se hunden en el fondo. Debido a que las partes silíceas de la frústula no se afectan por la muerte de la célula, las frústulas de diatomeas tienden a acumularse en el fondo de los medios acuáticos. Estos forman depósitos de un material llamado Tierra de diatomeas o Diatomita¹⁹.

La tierra de diatomeas son los esqueletos fosilizados sobrantes de una sencilla planta acuática llamada diatomea²⁰. Estos organismos microscópicos tales como plancton o algas tienen la única habilidad de extraer el sílice del agua para producir un exoesqueleto de micro poros. Cuando su ciclo de vida está completado, la materia orgánica se descompone y el esqueleto remanente se acumula en forma de depósitos sedimentarios inorgánicos. La tierra de diatomeas es el único mineral que posee una baja densidad, alta porosidad y una relativa inercia, haciéndolo un excelente medio filtrante. El rango de tamaño de las diatomeas es de al menos 5 micras hasta arriba de 100 micras y son caracterizadas como especies con morfología específica con poros en su interior tan pequeños como 0.1 micras⁷.

Diatomita es una roca sedimentaria de grano fino de origen biológico. Está compuesta de silicio amorfo, presente en los esqueletos de las diatomeas o sus frústulas. La estructura de la diatomita es un poco compleja y contiene numerosos poros finos microscópicos, cavidades y canales y por consiguiente el material tiene una gran superficie específica, alta capacidad de absorción y baja densidad²¹

Otras propiedades intrínsecas son la baja conductividad térmica, relativamente alto punto para pasar a su fase líquida, inercia química y pequeño tamaño de grano. Los antiguos depósitos han sufrido procesos tectónicos, comenzando con modificaciones en su textura y en la fase cristalina del mineral. El silicio amorfo, un constituyente de las frústulas de las diatomeas, es el principal componente de la diatomita, aunque cantidades variables de otros materiales como óxidos de metal, arcillas, sales (principalmente carbonatos) y materia orgánica pueden también estar presentes por precipitación química y contacto con la atmósfera, juntos con las condiciones prevalientes del medio ambiente, son factores determinantes en la naturaleza e importancia del contenido de impureza de un depósito. Diatomita es abundante en muchas áreas del mundo y tiene características físicas únicas, tales como su alta permeabilidad y porosidad (35-65%), pequeño tamaño de partícula, baja conductividad térmica y densidad y gran superficie específica⁷.

Las propiedades de la superficie de la diatomita tales como hidrofobia, solubilidad, carga, acidez, intercambio de iones y capacidades de adsorción,

son en gran medida controladas por la presencia de agua, la cual esta parcial y estructuralmente conectado a la red de cristales de la diatomita, formando activos grupos hydroxyl sobre ellos. Diatomita o tierra de diatomeas tiene un color pálido, suave, ligero, en su estructura posee arriba de 80-90% de huecos¹⁹.

➤ **Clasificación**

La diatomita puede ser clasificada según su tratamiento:

Diatomita Calcinada: tratada a temperaturas entre 870 y 1100 °C, se le aplica el mismo tratamiento de la diatomita natural, pero con la diferencia que se hace un ajuste de tamaño de partícula, se calcina el material en polvo en hornos rotatorios, seguidos de una molienda y clasificación, y se obtiene como resultado un producto color rosa debido a la oxidación del óxido ferroso.

Diatomita Fundida: el tratamiento aplicado se realiza de igual forma al natural pero a una temperatura aproximada de 1150°C con carbonato sódico o cloruro de sodio, que elimina la coloración rosada por la formación de un complejo de silicatos de sodio, aluminio y hierro, obteniéndose un producto blanco de buena calidad, aumentando el tamaño de la partícula y modificando las características de superficie, consecuentemente se obtiene un material con mayor permeabilidad, posteriormente es separado según su tamaño²²ver tabla 2

2.2.11 Modificaciones y Componentes de la Diatomita

Numerosos estudios han sido realizados para investigar las potenciales aplicaciones de la Tierra de diatomeas como absorbente para la remoción de uranio, iones de metales pesados y colorantes textiles de las aguas residuales. Los resultados indicaron que la Tierra de diatomeas es un material apropiado en el manejo de las aguas residuales. Existen muchos métodos que implican el uso de ésta. Los procesos que aportan beneficios están comprendidos por pulverización, secado, calcinación y clasificación o tratamiento químico tal como *leaching* con o sin ácido y/o calor⁷.

Los procesos hidrotérmicos en general progresan en un sistema cerrado con una alta presión. Por el beneficio del sistema cerrado con alta presión.

El método hidrotérmico es un conveniente proceso para preparar Tierra de diatomeas. Este método es capaz de producir partículas finas con alta homogeneidad y alta pureza¹⁹.

Existen algunos métodos para modificar las características de la superficie de la Tierra de diatomeas mediante distintas propuestas. La purificación de la diatomita en ácido Clorhídrico (HCL) y la calcinación de la diatomita han sido aplicadas para hacer a la diatomita más inerte para usarla como medio filtrante. En estos procesos la desaparición de los grupos OH sobre la superficie de la Tierra de diatomeas tiene un trascendental efecto sobre la superficie específica. La Tierra de diatomeas modificada por tratamiento

con Hidróxido de sodio (NaOH) y depósito de óxido de manganeso para comprobar la capacidad de adsorción de la Tierra de diatomeas para la remoción de metales pesados como Pb^{2+} , Cu^{2+} y Cd^{2+} del agua residual es de las modificaciones más interesantes por su capacidad de remoción¹⁹. Otra Tierra de diatomeas modificada con limo y sulfato de aluminio es utilizado para remover P (fosforo) del agua residual. Esta modificación podría resultar en el traslado de los grupos hydroxyl de aluminio hacia la superficie de la diatomita y elevar la remoción fosforo primeramente vía Sorción química. El fosforo total fue reducido de 5.2 mg/L en el efluente a 0.55 mg/L en el efluente tratado y un 80% de eficiencia en la remoción del fosforo total fue obtenida por la adición de diatomita modificada químicamente¹⁸.

2.2.12 Procesos de adsorción.

La adsorción es un método sencillo y atractivo para la eliminación de contaminantes de la fase acuosa, debido a su alta eficiencia y fácil manejo. La viabilidad económica de estos procesos puede alcanzarse mediante la utilización de adsorbentes obtenidos de desechos industriales³⁸. La adsorción es el resultado final de la competición entre varias interacciones entre las que se incluyen adsorbente/adsorbato, adsorbente/adsorbente, adsorbente /disolvente y disolventes/ adsorbato. En consecuencia, en cuanto a la medida de las condiciones experimentales se refiere, el proceso de adsorción depende de la concentración, el pH y la fuerza iónica de las

soluciones, el tipo de adsorbato y el tiempo de inmersión. La complejidad de las moléculas implicadas en el mecanismo de adsorción y la dependencia de tantos parámetros hacen que sea difícil de adaptar las teorías actuales de adsorción a un determinado caso en concreto. No obstante, es posible analizar los aspectos separados de la adsorción de una manera fenomenológica con el fin de obtener conocimientos sobre los mecanismos físicos involucrados³⁹.

2.2.12.1 Cinética de adsorción.

La cinética describe la velocidad de adsorción del adsorbato en el adsorbente y determina el tiempo en que se alcanza el equilibrio³⁸.

A.- Modelo cinético de pseudo primer orden.

El modelo cinético de pseudo primer orden ha sido ampliamente utilizado para describir la cinética de adsorción. El modelo propuesto por Lagergren³⁸ viene dado por:

$$\frac{dq}{dt} = k_1(q_e - q)$$

Donde integrando la ecuación anterior con respecto a las condiciones límite $q = 0$ a $t = 0$ y $q = q_e$ a $t = t$ resulta:

$$\log(q_e - q) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2.303} t$$

donde k_1 es la constante velocidad de adsorción de Lagergren (unidades tiempo⁻¹); q_t y q_e son las cantidades adsorbidas a un tiempo t y en el equilibrio respectivamente.

b.- Modelo cinético de pseudo segundo orden³⁸.

La ecuación de pseudo segundo orden basado en el equilibrio de adsorción que se expresa

$$\frac{dq}{dt} = k_2(q_e - q)^2$$

Separando las variables de la ecuación se llega a:

$$\frac{dq}{(q_e - q)^2} = k_2 dt$$

E integrando la ecuación con respecto a las condiciones límite $q = 0$ a $t = 0$ y $q = q_e$ a $t = t$, se obtiene:

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

Donde k_2 es la constante de velocidad de pseudo segundo orden (g mg⁻¹ tiempo⁻¹); q_t y q_e son las cantidades adsorbidas a un tiempo t y en el

equilibrio, respectivamente. La constante de velocidad del modelo de pseudo segundo orden se emplea para calcular la velocidad de adsorción inicial, h ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)

$$h = k_2 q_e^2$$

Donde q_e es la capacidad de adsorción en el equilibrio, k_2 es determinado experimentalmente de la pendiente y de la ordenada en el origen de la gráfica t/q versus t .

2.2.13 QUIMISORCION

Cuando una molécula es adsorbida sobre una superficie metálica la interacción que se produce puede ser a través de fuerzas de Van der Waals o se puede establecer un verdadero enlace químico dando lugar a los procesos de fisisorción o quimisorción, respectivamente. Independientemente del tipo de unión que se establezca entre el adsorbato y la superficie metálica, el hecho de que se produzca una interacción entre estas dos especies provoca una alteración de la estructura electrónica del adsorbato aislado y de los átomos de la superficie más próximos al sitio de adsorción, pudiendo tener lugar la aparición de nuevos estados electrónicos que son los estados superficiales del conjunto metal-adsorbato.

2.2.13.1 CARACTERISTICAS DE LA QUIMISORCIÓN

1. Hay especificidad, sólo algunos sitios superficiales adsorben ciertas moléculas.
2. Hay una interacción de los estados electrónicos del adsorbato (gas) y del adsorbente (sólido), lo que se traduce en la formación de un verdadero enlace químico.
3. Como consecuencia de la reacción química superficial (rompimiento y formación de enlace) se desprende una cantidad elevada de calor.
4. La quimisorción requiere del suministro de una cierta cantidad de energía para iniciar el proceso (energía de activación). Proceso activado no espontáneo

Algunos criterios de distinción entre los dos fenómenos son mostrados en la tabla3

2.2.14 Determinación de Metales por absorción atómica – Horno de Grafito

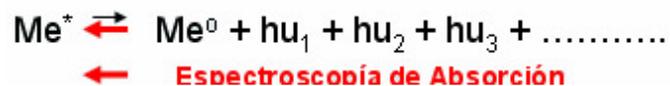
El empleo de la espectrofotometría de absorción atómica (EAA) es el método analítico de elección para el análisis de trazas de metales pesados y metaloides en diversas matrices (fluidos biológicos, alimentos, filtros de captación ambiental, etc). Esta técnica, por tanto, permitirá valorar el grado de contaminación medioambiental, la exposición a determinados tóxicos

industriales en un colectivo de trabajadores, el nivel de metales en un alimento, etc

Para el análisis concreto de cada uno de los contaminantes se emplean diferentes técnicas analíticas:

- EAA con Llama (Ejs.: Cu, Zn)
- EAA con Horno de Grafito (Ejs.: Pb, Cd)
- EAA con Generador de Hidruros
 - ✓ sin llama (Técnica de Vapor Frío) (Ej.: Hg)
 - ✓ con llama (Ejs.: As, Se)

Al suministrar una determinada cantidad de energía a un átomo cualquiera en estado fundamental (E_0), ésta es absorbida por el átomo de tal forma que se incrementará el radio de giro de sus electrones de la capa externa llevando al átomo a un nuevo estado energético (E_1) que llamamos excitado. Cuando éste vuelve a su estado fundamental, cede una cantidad de energía cuantitativamente idéntica a su energía de excitación, emitiendo radiaciones a longitudes de onda determinada.



Cuando los átomos en estado fundamental se encuentran con las mismas radiaciones que ellos mismos son capaces de emitir, se produce una absorción de las mismas, desplazándose el equilibrio hacia la izquierda y pasando los átomos del estado fundamental al excitado. El fenómeno de absorción de radiaciones a determinadas longitudes de onda en el caso

particular en que el medio absorbente sean los átomos en estado fundamental, se conoce como Espectroscopia de Absorción Atómica

En EAA se emplean lámparas específicas dependiendo del elemento que se va a determinar. Estas son capaces de emitir una línea atómica característica. Existen dos tipos fundamentales: lámparas de cátodo hueco (LCH) y lámparas de descarga sin electrodos (EDL) (ver Figura 2)

En las LCH, el ánodo y el cátodo se encuentran en un cilindro de vidrio sellado y lleno de neón o argón. El extremo del cilindro está compuesto de una ventana de cuarzo, transparente a la radiación emitida. Cuando se aplica una diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo (constituido por el elemento que queremos determinar), algunos de los átomos del gas de relleno se ionizan. Los iones cargados positivamente se aceleran a través del campo eléctrico y colisionan con el cátodo cargado negativamente, desalojando átomos metálicos individuales del mismo. Los átomos de metal desalojados son entonces excitados para la emisión por los impactos subsiguientes que tienen con más iones del gas de relleno.

En las EDL, una pequeña cantidad del elemento o sal del mismo, se encuentra sellada en el interior de un bulbo de cuarzo colocado dentro de un cilindro cerámico sobre el que se enrolla la antena de un generador de radio-frecuencia. Cuando se aplica un campo de radio-frecuencia, la energía asociada a él hará que se vaporicen y exciten los átomos en el interior del bulbo, emitiendo su espectro característico

CAPITULO III METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 Tipo de Investigación

Descriptiva- transversal

Sera descriptiva tipo que describe los hechos del problema que son observados.

Será transversal el cual es diseñado para medir la prevalencia de la exposición.

3.1.1 Método

Inductivo- deductivo

Será un proceso inductivo por la capacidad de remoción de la tierra diatomea al ion plomo. Será un proceso deductivo que va de lo particular o específico hacia lo más general; porque se va observar la capacidad de adsorción de la diatomita para el ion plomo.

3.1.2 Técnica

Cuantitativa

Será cuantitativa ya que se determina la capacidad de adsorción de la diatomita en disolución acuosa con plomo

3.1.3 Diseño

No experimental

Porque la presente investigación lleva su proceso sin intervención sobre las variables independientes. El investigador se limita a la observación de los resultados para concluir.

3.2 Población y muestreo de la investigación

3.2.1 Población

Estará constituida por la disolución acuosa con la diatomita que proviene de la localidad de Collpa.

3.2.2 Muestra

Será la Diatomita en la porción de agua contaminada con plomo.

3.3 variables e Indicadores

3.3.1 Variable Independiente (Y)

VARIABLE	INDICADORES
La Diatomita	Porosidad
	Concentración
	Procedencia

3.3.2 Variable Dependiente (X)

VARIABLE	INDICADORES
Ion plomo	Concentraciones
	ppm
	pH de solución

3.4 Técnica e Instrumento de Recolección de Datos

Técnica

Probabilístico

La técnica medición cuantitativa mediante ensayos de análisis de adsorción atómica en una tabla de resultados.

Instrumento

Será la hoja de registro de datos y ficha de resultados

CAPITULO IV PRESENTACION, ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1. Materiales y equipos

- Estándar de plomo 1000 mg/L
- Agua purificada tipo I
- Agitador magnético
- Magnetos
- Erlenmeyer 500 mL
- Beakers 250 mL
- Pipetas
- Fiolas 50, 100 mL
- Equipo de absorción atómica con horno de grafito

La muestra de diatomita proviene de un yacimiento de la localidad de Collpa, distrito de Palca en el departamento de Tacna, presenta color blanco, y reacciona con el ácido clorhídrico, esto indica que presenta carbonatos.



4.1. 2. Métodos estadísticos empleados

- ✓ Estadística empleada para el proceso analítico Curva de calibración en el equipo de absorción atómica, uso de Regresión lineal
- ✓ Método matemático para la cinética
- ✓ Parámetros de adsorción

Determinación de metales en agua: Se empleo un modelo de regresión lineal, se obtuvo la ecuación de la recta (Se adjunta) y con esta ecuación se determino la concentración de las muestras, para ello se empleo el principio de Lambert y Beer (La absorbancia es directamente proporcional a la concentración de la muestra).

CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS DEL MINERAL	
Estudio físico -químico	
Densidad en banco	0.70 t/m³
Densidad suelta	0.49 t/m³
pH	0.42
Color	Blanco
ELEMENTOS QUÍMICOS (HECHO EN CANADÁ)	
Si O ₂	84,86
Al ₂ O ₃	1,95
Ca O	1,29
Mg O	0,60
Na ₂ O	0,56
K ₂ O	0,70
Fe ₂ O ₃	1,38
Mn O	0,05
Ti O ₂	0,15
P ₂ O ₅	0,53
Cr ₂ O ₃	0,01
LOI	7,93

4.2. Cinética de la adsorción de plomo sobre diatomita

Con el fin de determinar el tiempo de equilibrio de la adsorción de plomo sobre la muestra de diatomita se colocó 0,1g de la muestra de diatomita en un matraz de 500ml y se puso en contacto con 300 ml de una solución de plomo de 5000ug/L, se separaron alícuotas cada cierto tiempo y al finalizar estas alícuotas se analizaron por absorción atómica con horno de grafito, se consideró que el sistema alcanzó el equilibrio cuando las alícuotas no tuvieron cambios significativos en sus concentraciones.

4.2.1. Determinación de las concentraciones de plomo en solución

Para determinar las concentraciones de plomo en las soluciones, se empleó la técnica de absorción atómica con horno de grafito, se empleó un equipo Perkin Elmer modelo Analyst 800, para ello la muestra se introdujo al horno de grafito y se le adicionó fosfato de amonio como modificador de matriz, se realizó previamente una curva de calibración con un patrón de plomo, la curva se preparó con patrones de 0.01, 0.05, 0.10, 0.20 y 0.50 ug /L cuando las muestras sobrepasaron la curva de calibración se realizaron diluciones hasta que dieron dentro de la curva de calibración y luego se multiplicó el resultado por el factor de dilución empleado.

4.2.2 Cinética de la adsorción de plomo sobre diatomita

Los resultados experimentales de la cinética se aprecian en la **tabla 4**, se realizaron análisis de alícuotas tomadas desde el tiempo cero hasta un tiempo de 48 horas, para determinar el tiempo en el que el sistema llega al equilibrio; los datos recolectados son graficados (**Grafico 1**), se grafica el tiempo transcurrido Vs. La capacidad de adsorción en el tiempo “t” q_t (Ecuación 1). Se observa que el equilibrio se alcanza antes de las 02 horas, cuando la concentración de plomo en la solución no disminuye significativamente.

$$q_t = V (C_i - C_t) / m$$

Donde:

q_t = Capacidad de adsorción de plomo sobre la muestra de diatomita (mg/g)

V = Volumen de solución empleada para el ensayo (mL)

C_i = Concentración inicial de plomo en la solución (mg/L)

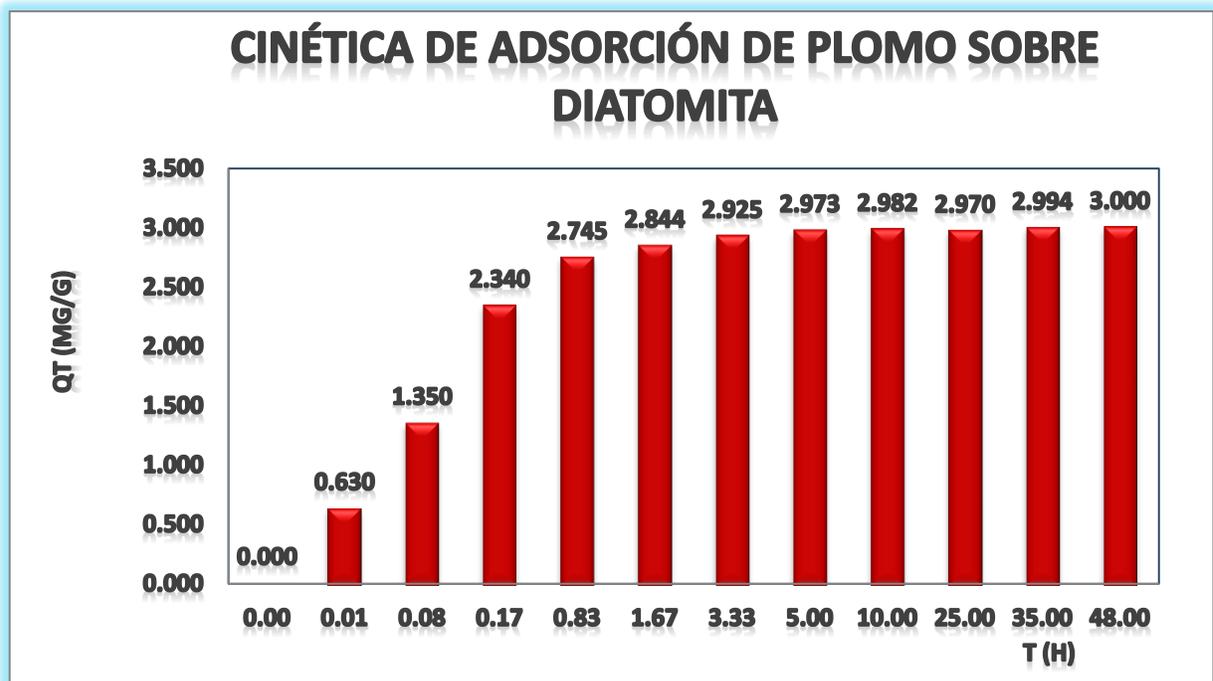
C_t = Concentración de plomo en la solución en un tiempo “t” (mg/L)

m = masa de Diatomita empleado para el ensayo (g)

Tabla 4. Cinética de la adsorción de plomo sobre diatomita

t(min)	t(h)			
		Plomo (ug/L)	qt (mg/g)	qe (mg/g)
0	0.00	5000	0.000	3.024
0.5	0.01	4790	0.630	3.024
5	0.08	4550	1.350	3.024
10	0.17	4220	2.340	3.024
50	0.83	4085	2.745	3.024
100	1.67	4052	2.844	3.024
200	3.33	4025	2.925	3.024
300	5.00	4009	2.973	3.024
600	10.00	4006	2.982	3.024
1500	25.00	4010	2.970	3.024
2100	35.00	4002	2.994	3.024
2880	48.00	4000	3.000	3.024

Grafico 1. Curva cinética de adsorción de plomo sobre diatomita



Con los resultados obtenidos se probaron dos modelos matemáticos para evaluar el tipo de cinética que siguen estos sistemas, el modelo de cinética de pseudo primer orden y el de pseudo segundo orden.

✓ **Modelo de cinética pseudo-primer orden**

El modelo de pseudo-primer orden descrito por Langergren y Svenska se define como:

$$\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t$$

Donde:

q_e : Concentración en el equilibrio del adsorbato en solución, "mg/g".

q_t : Concentración del adsorbato en un tiempo t , "mg/g"

t : Tiempo transcurrido, "h"

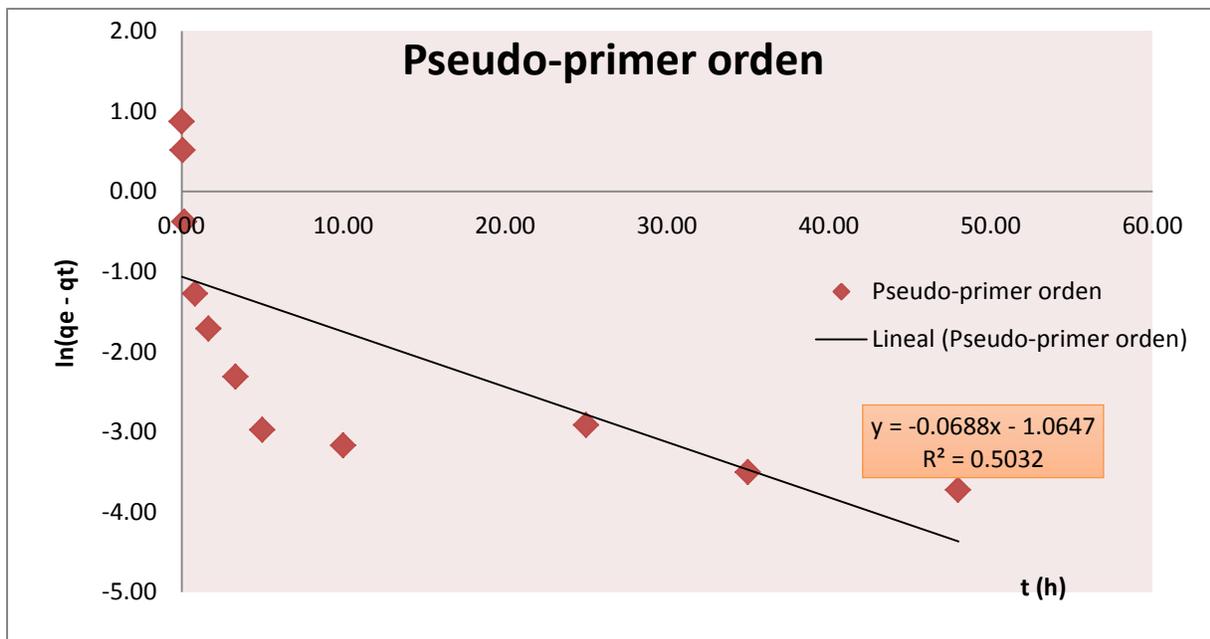
K : Constante de velocidad de reacción, "1/h"

Para obtener la forma linealizada se grafica $\ln(q_e - q_t)$ versus t , cuyos resultados se muestran en la **tabla 5** y cuyo gráfico se muestra en la **Grafico 2**, se ha obtenido los parámetros q_e teórico y R^2 , los cuales se muestran en la **tabla 7**.

Tabla 5. Datos obtenidos al aplicar el modelo de pseudo primer orden

T	$\ln(q_e - q_t)$
0.01	0.873
0.08	0.515
0.17	-0.380
0.83	-1.277
1.67	-1.715
3.33	-2.313
5.00	-2.976
10.00	-3.170
25.00	-2.919
35.00	-3.507
48.00	-3.730

Grafico 2. Gráfica de la cinética de pseudo-primer orden, forma lineal.



✓ **Modelo de cinética pseudo - segundo orden**

El modelo de pseudo-segundo orden representa la quimisorción debido a la formación de enlaces químicos, entre el adsorbato y el adsorbente en la monocapa de la superficie, la ecuación se define como:

$$t/q_t = 1/k_2 q_e^2 + t /q_e$$

Donde:

q_e : Concentración en solución en el equilibrio del adsorbato, "mg/g".

q_t : Concentración del adsorbato en un tiempo t, "mg/g"

t : Tiempo transcurrido, "h"

k_2 : Constante de velocidad de reacción, "1/h"

Para obtener la forma linealizada se grafica t/q_t versus t cuyos datos se muestran en la tabla 6, y cuya grafica se muestra en la Grafico 3, se ha obtenido los parámetros $q_{e,calc.}$ y R^2 , los cuales se muestran en la tabla 7. Se observa que hay una buena correlación con los valores experimentales, lo cual indica que la cinética de adsorción del material preparado sigue este modelo, lo cual está de acuerdo con el hecho que las especies de plomo formen enlaces químicos con los grupos funcionales de la superficie de la diatomita.

Tabla 6. Datos obtenidos al aplicar el modelo de pseudo segundo orden

t	t/qt
0.01	-
0.08	0.06
0.17	0.07
0.83	0.30
1.67	0.59
3.33	1.14
5.00	1.68
10.00	3.35
25.00	8.42
35.00	11.69
48.00	16.00

Grafico 3. Gráfica de la cinética de pseudo-segundo orden forma lineal.

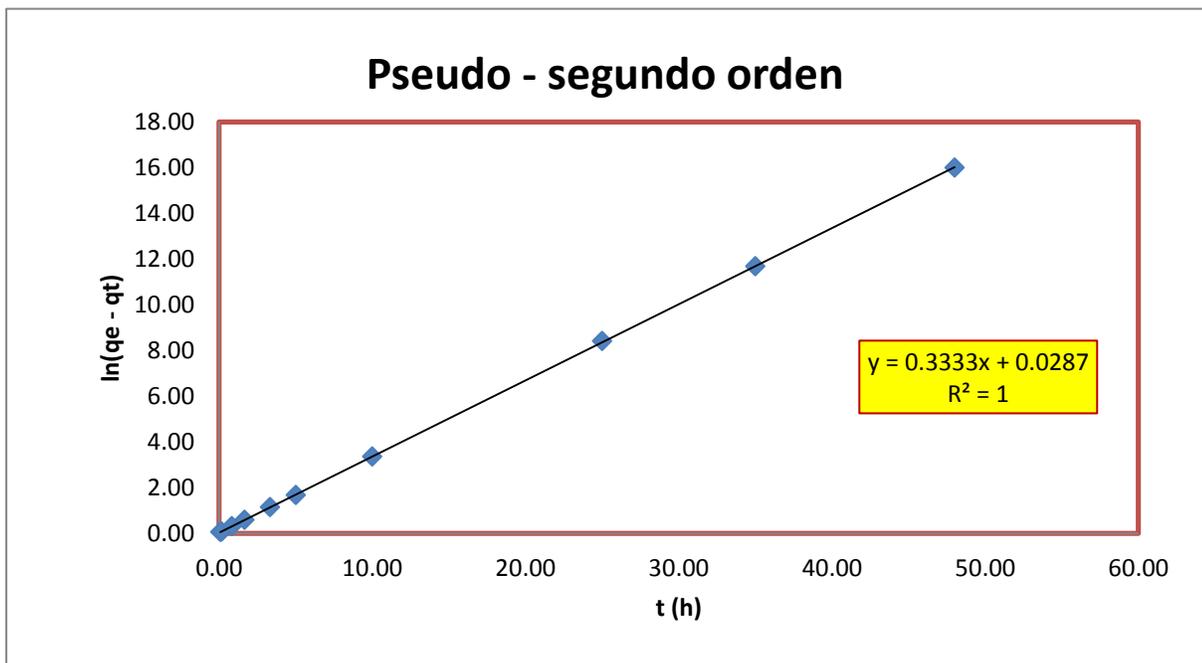


Tabla 7. Evaluación de la cinética de la adsorción de plomo sobre diatomita

Modelo cinético	Parámetros para cinética de adsorción		
	$q_e, \text{ exp (mg/g)}$	$q_e, \text{ cal (mg/g)}$	R^2
Pseudo-primer orden	3.024	0.344	0.5032
Pseudo-segundo orden	3.024	3.003	1.0000

La velocidad de reacción en las reacciones de pseudo-segundo orden están sujetas a procesos de quimisorción entre la superficie del adsorbente, y la masa de la solución acuosa ³⁴.

4.3 Evaluación de los parámetros de adsorción

4.3.1. Efecto de la temperatura del sistema sobre la capacidad de adsorción

Para observar cómo influye la temperatura en la capacidad de adsorción del plomo sobre la muestra de diatomita, se realizaron una serie de ensayos, manteniendo constante los demás parámetros, como concentración de la solución inicial, cantidad de material adsorbente, y tiempo de mezclado, se trabajó a tres temperaturas; 20, 25 y 30 °C; se dejó transcurrir un lapso de 02 horas para cada ensayo.

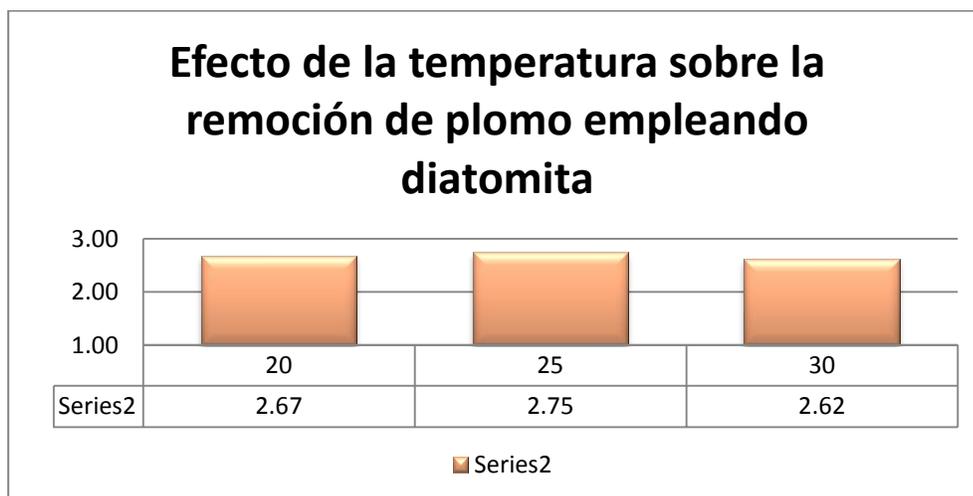
4.3.2 Efecto de la temperatura sobre la adsorción de plomo sobre diatomita

Para determinar cómo afecta la temperatura en la adsorción de plomo sobre diatomita, se realizó la adsorción a tres temperaturas diferentes, los resultados se observan en la tabla 8, se observa que no hay diferencia significativa en las tres temperaturas probadas, sin embargo se observa que la mayor adsorción se da a 25 °C, tal vez por una mayor generación de sitios activos en los cuales se retiene los átomos de plomo

Tabla 8. Efecto de la temperatura en la capacidad de adsorción de plomo sobre diatomita

T (°C)	q _e (mg/g)
20	2.67
25	2.75
30	2.62

Grafico 4 Efecto de la temperatura sobre la eficiencia de adsorción



4.3.3. Influencia del pH en el proceso de adsorción

Para evaluar como varía el proceso de adsorción con el pH de la solución, se puso en agitación 0,1g del material en estudio con 300 mL de una solución de 5000 µg/L de plomo a un rango de pH de 4.0 a 10.0, el pH se ajustó agregando gotas de soluciones de HNO₃ 0.1N y NaOH 0.1N; finalmente se analizó la cantidad de plomo residual en la solución.

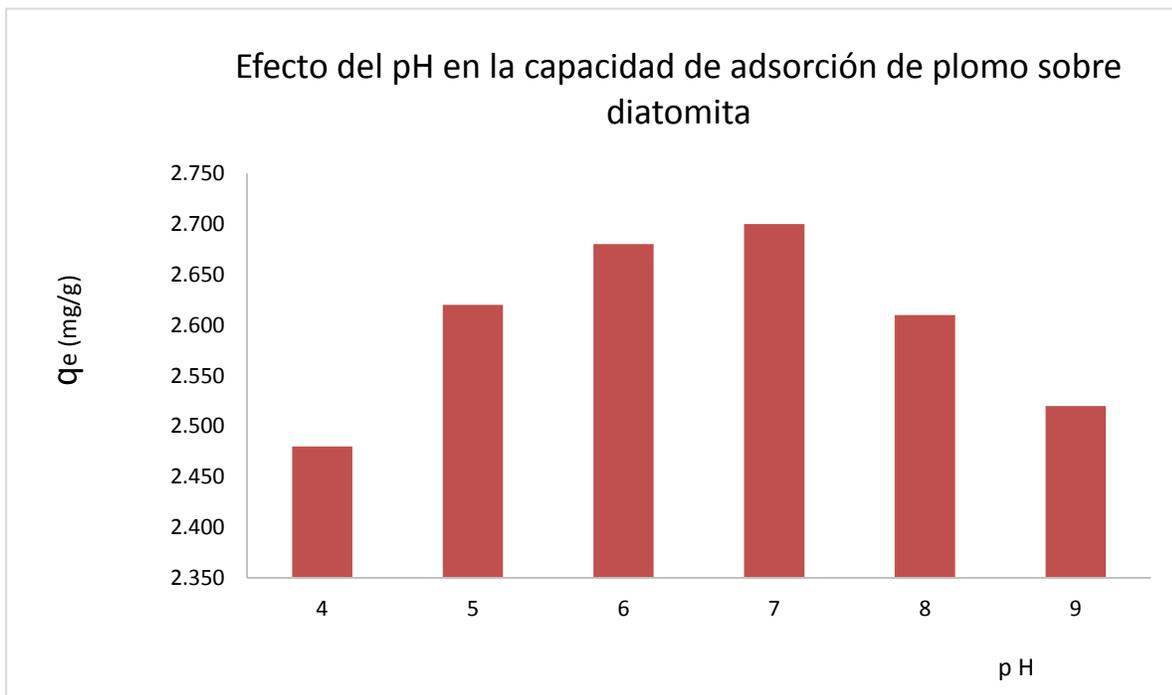
4.3.4 Efecto del pH sobre la adsorción de plomo sobre diatomita

Se observa que la máxima adsorción se da entre los valores de pH de 6 a 7, asimismo se observa que la adsorción a valores de pH menores a 5 es muy pobre, y disminuye considerablemente. Esto debido posiblemente a que los iones hidrógeno (H⁺) compiten con los iones Pb⁺² en los sitios activos de la superficie de la diatomita ya que presentan carga positiva. Estas pruebas indicarían que en un eventual uso para el tratamiento de aguas, sería adecuado para el tratamiento de aguas para consumo humano, o aguas provenientes de fuentes naturales como ríos, manantiales, otros; sin embargo para aplicarlo en el tratamiento de efluentes se requeriría realizar un tratamiento previo al agua para llevarlo a un pH apropiado.

Tabla 9 Efecto del pH sobre la adsorción de plomo sobre diatomita

Ph	qe (mg/g)
4	2.480
5	2.620
6	2.680
7	2.700
8	2.610
9	2.520

Grafico 5 Efecto del pH sobre la adsorción de plomo sobre diatomita



DISCUSION

- Según Hiyagon Arroyo, Genevie Valera, en su tesis utilizo filtros adsorbentes hechos de arcillas donde se desarrollo una técnica reproducible de fabricación de filtros porosos de discos de bentonita-aserrín y de bentonita, caolinita y dolomita mediante procesos de mezcla, tamizado, compactación y calcinación que utilizo en tres sistemas de concentraciones que obtuvo los siguientes resultados, Sistema de filtración removi6 2 mg Pb / g , estos son similares a la tesis realizada en la purificación de aguas contaminadas con plomo utilizando diatomita ya que se obtuvo una adsorción a los 100 minutos los siguientes resultados 2.844 (mg/g) debido a que la muestra de diatomita llego a su punto de equilibrio y esto se demostr6 con el método de pseudo segundo orden debido a que est6n sujetas a procesos de quimisorción donde se obtuvieron resultados positivos en parámetros de coeficiente de correlación ($R = 1$) y la proximidad del valor de capacidad e adsorción te6rica con el experimental (te6rica 3.024, exp. 3.003)

Como se puede apreciar los resultados son similares a pesar que se utilizaron diferente adsorbente y diferente modelo matemático

- Según Placido Meza Bazan en su tesis realizado con diatomita obtiene resultados favorables en la aplicación de adsorbente en la remoci6n de plomo y utilizando empaques de 5cm de espesor de tierras diatomeas, removiendo plomo en un 6.2900mg/l , y en la tesis realizada utilizamos una muestra de diatomita de 0.1g que obtuvimos un resultado de adsorción de plomo a los 100 minutos 4.0252mg/l como se puede apreciar en los resultados tienen una gran diferencia debido a que se realizo con técnicas distintas y diferentes concentraciones de diatomita.

CONCLUSIONES

- Numerosos estudios han sido realizados para investigar las potenciales aplicaciones de la tierra de diatomeas como ADSORBENTES para la remoción de uranio, iones de metales pesados y colorantes textiles de las aguas residuales. En relación a su utilización como adsorbente la Tierra de diatomeas natural mostro muy buenos valores de adsorción del ion Pb^{2+} Obteniendo un valor de 2.844mg/g durante los 100 minutos y se ha observado que la Diatomita tiene la capacidad de remover plomo en aguas contaminadas, y en este trabajo realizado se comprobó que el mejor modelo cinético que describe el comportamiento experimental del sistema, plomo-diatomita-agua, es el modelo de pseudo-segundo orden debido a que los parámetros de coeficiente de correlación es ($R=1$), y da una proximidad del valor de capacidad e adsorción teórica con el experimental. (teórica 3.024, exp. 3.003) y esto se da debido a un proceso de quimisorción, quedando los iones plomo en la superficie de la diatomita.

Se observo que la temperatura de adsorción plomo-diatomita-agua es a 25°C ya que se observo una mayor adsorción de 2.75mg/g.

Se observo que el pH en la adsorción de plomo-diatomita-agua siendo más eficiente a valores de pH de 6 a 7. Finalmente conforme a los análisis de los resultados de calidad del agua realizados en este trabajo para contaminantes de metales pesados, se demuestra que la Tierra de diatomeas debe ser considerada como una alternativa eficaz de tratamiento de aguas residuales pues posee características únicas que la hacen un excelente medio adsorbente de bajo costo y de fácil implementación y operación.

RECOMENDACIONES

- Se encontró que la tierra de diatomeas es un excelente material para ser utilizado como medio adsorbente pero puede verse afectado por ciertos aspectos, por lo que se recomienda llevar a cabo un monitoreo del sistema a ser utilizado para evitar un mal funcionamiento y obtener datos erróneos.
- Se recomienda realizar estudios de adsorción de plomo con diferentes tipos de diatomita provenientes de los diferentes yacimientos en el Perú y determinar cuál de ellas resulta mejor para la adsorción de plomo.
- Realizar un estudio de adsorción con todos los metales pesados utilizando una mayor concentración de diatomita y observar con cuál de ellos tiene mayor adsorción.
- Se recomienda realizar estudios con muestras de agua proveniente de lugares donde se presente este tipo de problemas de contaminación de aguas por metales y ver cómo afecta la eficiencia de remoción por los demás componentes químicos propios de la fuente de agua.
- Realizar estudios de microscopía electrónica a la superficie de la muestra de diatomita saturada con plomo, para evaluar cómo se saturan los sitios activos y la distribución de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

1. John h. Duff the edinburgh centre for toxicology, 43 mansionhouse road, edinburgh eh9 2jd, scotland, united kingdom 2002
2. Ernesto Simon. grupo de fisicoquímica de procesos industriales y medioambientales, fqpima. universidad complutense de madrid, 2 febrero, 2008
3. Volesky, B. Biosorption of Heavy Metals. CRC Press, Boca Raton, FL. (2000)
4. Ozdemir, G., Ceyhan, N., Ozturk, T., Akirmak, F. y Cosar, T. Biosorption of Chromium (VI), Cadmium (II) and Copper (II) by Pantoeasp. TEM 18. Chem. Eng. J. 102, 249-253. (2004)
5. Lu, Y., Wilkins, E. In Bioremediation of Inorganics; Hinchee, R.E., Means, D.L., Burris, D.R., Eds. Battelle Press, Columbus, OH. 117-124. (1995)
6. Weast, T. Metales pesados en ciclos biológicos. Editorial Iberoamericana. Guadalajara, México. P. 421-423 (1984)
7. Yahya Salim, A.D., Maha Farooq, T. & Reyad Awwad, S. The feasibility of using Diatomite and Mn- Diatomite for remediation of water, pp. 2299-2310. (2000)

8. Moslehi, P., Nahid, P. Heavy metal removal from Water and wastewater Using raw and modified diatomite. Department of chemical and petroleum engineering, Sharif University of Technology Tehran, Irán (2007)
9. Cañizares, R. Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 42:131-143.(2000)
10. Baldrian P. Interactions of heavy metals with white-rot fungi. *Enzyme and Microbial Technology* 32 78–91. (2002)
11. Chicón, L. Especiación de metales pesados en lodos de aguas residuales de origen urbano y aplicación de lodos digeridos como mejoradores de suelos. Universidad de Málaga.(2006)
12. Sarkar S, Yadav P, Bhatnagar D. Cadmium induced lipid peroxidation and the antioxidant system in rat erythrocytes: the role of antioxidants. *J Trace Elem Med Biol*; P. 11 8-13. (1997)
13. Higuera y Oyarzun, *Impacto ambiental*. 2007
14. Lenntech agua residual & purificación del aire holding b.v. copyright © 1998-2006 <http://www.lenntech.com/espanol/tablaPeriodica/cd.htm> Holanda

15. Rivas et al., 2000 Rivas F, Vicuña N, Wong S. (2000). Exposición urbana no ocupacional al plomo y niveles sanguíneos en mujeres embarazadas y en recién nacidos, Mérida, Venezuela. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 18(2): 73-81
16. Hu, H. Human health and heavy metals exposure. The Environment and Human Health. MIT Press, 33-36 Environment and Human Health. MIT Press, 33-36 (2002)
17. Manuel Repeto, Ana Camean pag toxicología avanzada 301-328-330 Madrid (1995)
18. Inglethorpe S.D.J, p.2- p13 S. D. J. Industrial minerals laboratory manual: Diatomite. BGS Technical report WG/92/39. (1993)
19. Hossam Elder, M. Diatomite: Its characterization, modifications and applications. Department of chemistry, Faculty of science, Suez Canal University, Ismailia, Egipto-(2010)
20. H. Marsh, J, p. 3, Water filtration using diatomaceous earth. Estados Unidos. (2010)
21. Pookmanee, P., Thippraphan, P. Journal of the microscopy society of Thailand. (2010).

22. Engh, K. R. Diatomite. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Año 2000.
23. Anaya M., Encinas. Determinación de metales pesados en agua Residual en proceso de Galvanoplastia. Departamento de Ingeniería de Proyectos, CUCEI, Universidad de Guadalajara. Escuela Politécnica de Guadalajara, SEMS, Universidad de Guadalajara.(2006)
24. Jiménez JG, Gelabert r, Brito R. (2006). Toxic effects of nickel and zinc in *Artemia franciscana* (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca) *Trópico Húmedo* 22 (1):65-74.
25. Vásquez, W., y H. Deza. "Eficiencia de Filtros Cerámicos Porosos en la Adsorción de Metales Pesados". Tesis de Ciencia de los Materiales, Universidad Nacional de Trujillo, 2005.
26. Hiyagon Arroyo, Genevie Valeria tratamiento de agua con remoción de plomo aplicando nanotecnología universidad nacional de ingeniería tesis facultad de ingeniería ambiental peru- lima, 20012.
27. Placido Meza, remoción de coliformes y metales en aguas residuales mediante diatomeas, Universidad Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México 2013.

28. Jose H. Quintana, Andrea P. Aparicio, Leidy K. Parra, José A. Henao, Carlos A. Ríos. Estudio de Parámetros de Síntesis de las estructuras zeolíticas Linde Tipo A (LTA) y Faujasita (FAU) X a partir de aluminio post-consumo y diatomita, para la remoción de metales pesados, universidad industrial de Santander, escuela de ingeniería química, Colombia 20014
29. Insunget *al.*, 1999; Mohamed, 2010; Yi-Qiu, *et al.*, 2012
30. Pozo M., & López M.J., 2004.
31. Bahramian *et al.*, 2008; Hadjaret *al.*, 2008; Mohamedbokr H., & Burkitbaev, M., 2009.
32. Mohamed, 2010; Yin-qiu *et al.*, 2012, Gerengiet *al.*, 2013
33. López *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2014.
34. (Wajima T. & Munakata K., 2012). Robati Journal Of Nanostructure in Chemistry 2013, 3:55 Page 6 of 6 <http://www.jnanochem.com/content/3/1/55>
35. Villanueva cañadas, Gisbert Calabuig, Medicina Legal y Toxicología 6^{ta} edición masson, Barcelona, 2004
36. Klassen CD. Casarett and Doull's Toxicology. The basic science of poisons. 5^{ta} ed. MACGRAW Hill, New York, 1996

37. Carmencita Lavado Meza^{a*}, Maria del Rosario SunKou^a, Salvador Bendezu^b Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con H₃PO₄ Dpto. de Ciencias - Sección Química, Pontificia Universidad Católica del Perú junio 2010
38. Yesid S. Murillo, Liliana Giraldo, Juan Carlos Moreno. Determination of the 2,4-dinitrofenol adsorption kinetic on bovine bone char by UV-Vis spectrophotometry. Rev. Colomb. Quim. 40 (1) 2011 Bogotá Jan./Apr.
39. Maria Raposo y Osvaldo N. Oliveira Jr. Adsorption mechanisms in layer-by-layer films. Braz. J. Phys. 28 (4) 1998 São Paulo Dec.

Tabla 1 parámetros a considerar de los metales

Tipo de industria	Parámetros a considerar como mínimo (puede haber otros parámetros relevantes)
Acumuladores /baterías	Plomo, cromo, níquel, cadmio, arsénico
Refinerías	Aceite /diesel, BTEX, plomo
Pinturas /lacados	Disolventes (clorados y otros), Arsénicos, Cromo, Cobre, Cadmio, Plomo, Zinc, Estaño, Ftalatos.
Curtidos	Disolventes (clorados y otros) Cromo, Cobre, Cadmio, Arsénico, Zinc
Fabricas de gas	Fenoles, PAH, BTEX, cianuros, azufre
Galvanización	Disolventes, Cromo, Cobre, Cadmio, Zinc, Arsénico, Plomo, Cianuro
Industria de plástico	Disolventes, Ftalatos, Plomo, Cadmio
Química síntesis	Disolventes (clorados y otros), Arsénicos, Cromo
Astilleros	Disolventes (clorados y otros),PAH, aceite, Cadmio, Cobre, Cromo, Níquel, Plomo, Zinc, Estaño
Chatarrerías	Plomo, Cobre cromo, Níquel, cadmio, Aceites
Industria farmacéutica	Disolventes (clorados y otros)

Fundiciones/Acerías	Cadmio, Cobre, Cromo, Níquel, Plomo, Zinc, Molibdeno, aceites, Fenoles, BTEX, disolventes clorados
Gasolineras	Aceite /diesel, BTEX, Plomo, MTBE
Textiles e impregnación	Disolventes (clorados y otros), pentaclorofenol, Cromo, Cadmio, Níquel
Imprenta y artes graficas	Disolventes (clorados y otros), Plomo, Cobre , Mercurio, Cromo, Niquel
Talleres y Garajes	Aceites, BTEX, mercurio, Cadmio
Fabricación de pesticidas	Disolventes (clorados y otros), Pesticidas, Arsénicos, Mercurio, Cromo, cobre

Fuente (monreal at ao;2006)

En la Tabla N°2 se pueden apreciar las diferencias químicas entre las tierras de diatomeas según el tipo de tratamiento.

Compuesto	Calcinada	Fundida
(% p/p)		
Al ₂ O ₃	3,54	3,63
Fe ₂ O ₃	1,45	1,40
CaO	0,69	0,71
Na ₂ O	0,59	3,86
P ₂ O ₅	0,18	0,17
MgO	0,54	0,60
K ₂ O	0,62	0,62
SiO ₂	90,80	87,90
TiO ₂	0,20	0,21

Tabla 3 CRITERIO DE DISTINCION DE QUIMISORCION Y ADSORCION FISICA

criterio de distinción	Quimisorcion	Adsorción física
Calor de adsorción	40 a 800 KJ/ mol	8 a 20 KJ/ mol
Energía de activación	Si hay	No hay
temperatura	Dependen de la E	Dependen del punto de ebullición
N° de capas formadas	Una	Mas de una

Figura1. Micrografía de la tierra de diatomeas (magnificación 1960X).

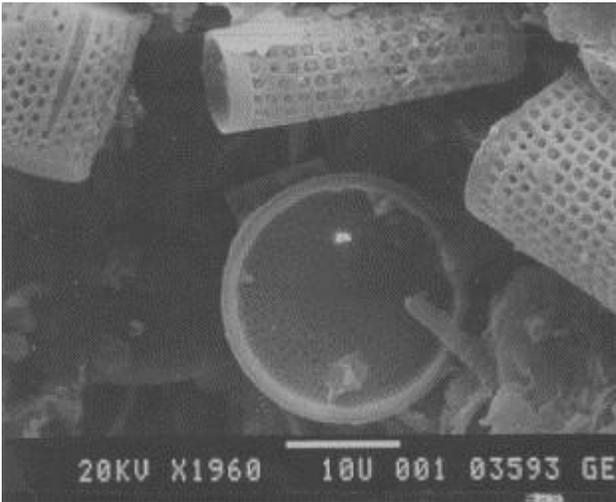


Figura 2 Lámparas en EAA, lámpara de cátodo hueco (1) y de descarga sin electrodos

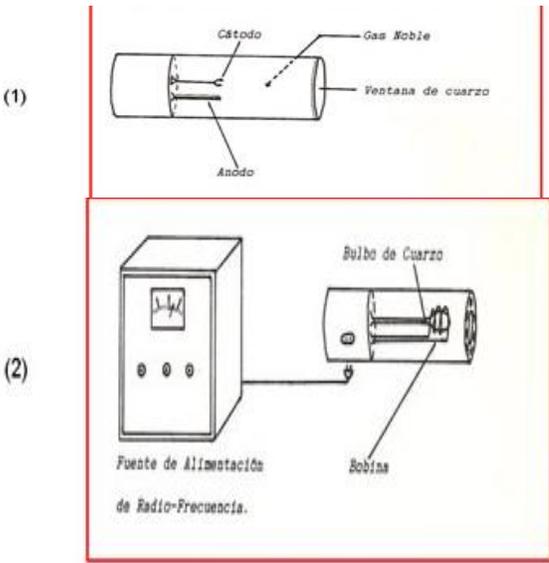


Figura 3 fotos en polvo de la diatomita



Figura 4 fotos del proceso de adsorción de plomo sobre diatomita

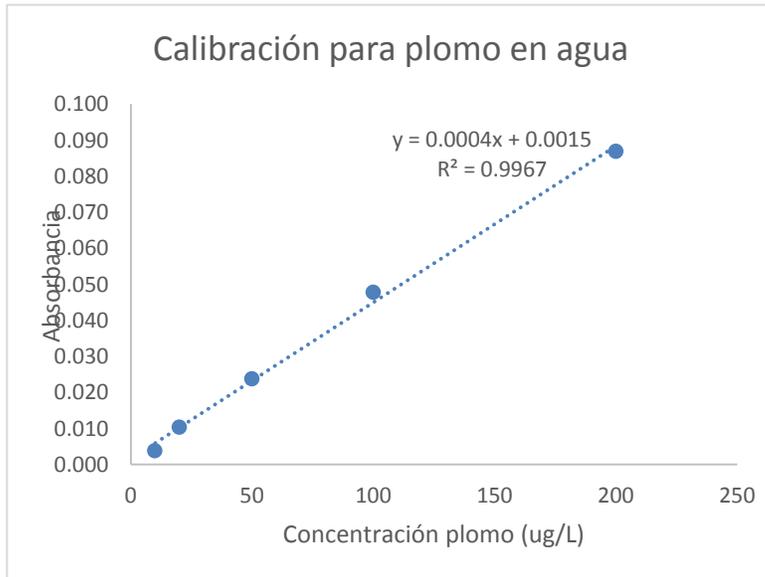


ANEXO N° 1

Curva de calibración obtenida en el equipo de absorción atómica con horno de grafito

Perkin Elmer modelo Analyst
800

Pb (ug/L)	Absorbancia
10	0.0038
20	0.0104
50	0.0238
100	0.0478
200	0.0869



ANEXO N° 2

CINETICA DE LA ADSORCION DE PLOMO SOBRE DIATOMITA

t(min)	t(h)	Plomo (ug/L)	qt (mg/g)
0	0.00	5000	0.000
0.5	0.01	4790	0.630
5	0.08	4550	1.350
10	0.17	4220	2.340
50	0.83	4085	2.745
100	1.67	4052	2.844
200	3.33	4025	2.925
300	5.00	4009	2.973
600	10.00	4006	2.982
1500	25.00	4010	2.970
2100	35.00	4002	2.994
2880	48.00	4000	3.000

ANEXO N° 3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

“PURIFICACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS CON PLOMO UTILIZANDO DIATOMITA”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	METODO Y DISEÑO DE INVESTIGACION	VARIABLES	POBLACION Y MUESTRA
<p>¿Tendrá el agente adsorbente (diatomita) la capacidad de remover plomo?</p> <p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>PE1 ¿Se podrá evaluar la capacidad de remoción de plomo utilizando diatomita a diferentes temperaturas?</p> <p>PE2 ¿Se podrá evaluar la capacidad de adsorción en plomo utilizando diatomita a diferentes pH de la solución?</p>	<p>Evaluar la capacidad de remover plomo de aguas contaminadas con el empleo de la diatomita y estudiar sus parámetros de adsorción</p> <p><u>Objetivos específicos</u></p> <p>OE1 Evaluar la capacidad de adsorción en plomo utilizando diatomita a diferentes temperatura de la solución</p> <p>OE2 Evaluar la capacidad de adsorción en plomo utilizando diatomita a diferentes pH de la solución.</p>	<p>HG La diatomita tiene la capacidad de remover plomo en aguas contaminadas, en sus diferentes parámetros de adsorción.</p> <p><u>Hipótesis específicos</u></p> <p>HE1. La diatomita absorbe plomo a diferentes Temperaturas</p> <p>HE2. La diatomita adsorbe plomo a diferentes PH de solución</p>	<p><u>Tipo de investigación</u></p> <p>Aplicativo</p> <p><u>Nivel de investigación</u></p> <p>Descriptiva-transversal</p> <p>Sera descriptiva tipo que describe los hechos del problema que son observados.</p> <p>Será transversal el cual es diseñado para medir la prevalencia de la exposición.</p>	<p><u>Método de investigación</u></p> <p>Deductivo</p> <p><u>Diseño de investigación</u></p> <p>No Experimental</p>	<p><u>Variable</u></p> <p><u>Independiente(y)</u></p> <p>La Diatomita</p> <p>Indicadores</p> <p>Y1 concentración</p> <p>Y2 Porosidad</p> <p>Y3 procedencia</p> <p><u>Variable dependiente</u></p> <p>Ion Plomo</p> <p>X1 concentraciones</p> <p>X2 ppm</p> <p>X3 PH de solución</p>	<p><u>Población:</u></p> <p>Estará constituida por la disolución acuosa con la diatomita que proviene de la localidad de Collpa</p> <p><u>Muestra:</u></p> <p>Sera la Diatomita en la porción de agua contaminada con plomo</p>