



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

**BIOADSORCIÓN DE As Y Pb DE AGUAS DEL RIO CRUCERO- SECTOR
PROGRESO EMPLEANDO CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)
COMO BIOADSORBENTE**

PRESENTADA POR:

CARMEN NATALIA MARÓN MAMANI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA QUÍMICA

PUNO, PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

**BIOADSORCIÓN DE As Y Pb DE AGUAS DEL RIO CRUCERO- SECTOR
PROGRESO EMPLEANDO CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)
COMO BIOADSORBENTE**



PRESENTADA POR
CARMEN NATALIA MARÓN MAMANI
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA QUÍMICA

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:


PRESIDENTE


.....
Mg. HIGINIO ALBERTO ZUÑIGA SANCHEZ

PRIMER MIEMBRO


.....
Dr. ROGER HUANQUI PEREZ

SEGUNDO MIEMBRO


.....
Dra. LIDIA ENSUEÑO ROMERO IRURI

ASESOR DE TESIS


.....
M. Sc. GERMAN QUILLE CALIZAYA

Puno, 04 de febrero del 2022

ÁREA : Investigación
TEMA : Ingeniería Química.
LÍNEA: Recursos Naturales y Medio Ambiente



DEDICATORIA

A nuestro altísimo creador por concederme la hermosa oportunidad de vivir, fortalecer mi corazón e iluminar mi mente para culminar esta etapa en mi vida.

A mis adorados padres, Demetrio y Cecilia por ser el pilar fundamental de toda mi formación profesional. A mis hermanos German, Lourdes, Vilma y Martha, a mis amados sobrinos que me dan las fuerzas para seguir adelante, mil gracias a mi familia por su constante e incondicional apoyo.



AGRADECIMIENTOS

Mi eterno agradecimiento siempre a Dios, por darme valor, fuerza y voluntad para llegar hasta este momento.

A mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano, a la Maestría en Ciencias en Ingeniería Química por haberme dado la oportunidad de formar parte de ella.

A mi asesor de tesis M. Sc. Ing. German Quille Calizaya por brindarme su apoyo y asesoramiento.

A mis Jurados Mg. Higinio Alberto Zúñiga Sánchez. Dr. Roger Huanqui Pérez y Dra. Lidia Ensueño Romero Iruri por su apoyo y consejos en el desarrollo de esta Tesis.

Al Dr. Moisés Pérez Capa, por su apoyo incondicional y sugerencias en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mis muy apreciados amigos, C.P.C. Dina Huanacuni Ramos, Lic. Paola E. Sul Durant, Lic. Andina Alay Lerma, M. Sc. Ing. Jorge Aruhuanca Cartagena, M. Sc. Ing. Lucio Quispe Apaza, Ing. Bertha Sucari León, Ing. Fanny M. Sonco Justo, Ing. Alexander F. Medina Mendoza, Ing. Luz Marina Teves Ponce, Ing. José Martin Aguilar, Ing. Wilber Pastor Contreras, Ing. Marcial S. Esquivias Luna, por ser los amigos que llegaron en el momento indicado para alumbrar mi camino y me hicieron encontrarlo cada vez que sentía que lo perdía, gracias por su inmenso apoyo.

Mi agradecimiento inmenso a mis amigos que no recordé al momento de escribir esto, que de manera directa o indirecta estuvieron presentes en todo el proceso de mi formación como profesional.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	3
1.1.1. Contaminación del agua por metales pesados	3
1.1.2. Metales Pesados.	3
1.1.2.1. Arsénico.	6
1.1.2.2. Toxicidad del Arsénico	9
1.1.2.3. Plomo	9
1.1.2.4. Toxicidad del Plomo	10
1.1.3. Límite Máximos Permisibles (LMP).	11
1.1.4. Estándar de Calidad Ambiental (ECA).	11
1.1.5. Plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)	12
1.1.5.1. División Taxonómica	12
1.1.5.2. Zonas agroecológicas de producción de plátano	12
1.1.5.3. Cascara de plátano	13
1.1.5.4. Composición Química de la Cascara de Platano	13
1.1.6. Técnicas de tratamiento para la remoción de metales pesados	13
1.1.6.1. Precipitación Química	14
1.1.6.2. Coagulación Química	14
1.1.6.3. Intercambio Iónico	14
1.1.6.4. Métodos Electroquímicos	15



1.1.6.5. Filtración por membrana	15
1.1.6.6. Fotocatálisis	15
1.1.7. Bioadsorción	17
1.1.7.1. Tipos de proceso de bioadsorción	17
1.1.8. Factores que influyen en un proceso de bioadsorción	19
1.1.8.1. Efecto del pH	19
1.1.8.2. Tamaño de partícula	19
1.1.8.3. Tiempo de contacto	19
1.1.8.4. Cantidad de bioadsorbente	19
1.1.8.5. Concentración inicial de metal	20
1.1.8.6. Temperatura	20
1.1.9. Equilibrio de adsorción	20
1.1.10. Cinética de Adsorción	21
1.1.10.1. Modelo cinético de pseudo primer orden	21
1.1.10.2. Modelo cinético de pseudo segundo orden	22
1.1.11. Isotermas de Adsorción	22
1.1.11.1. Isoterma de Langmuir	23
1.1.11.2. Isoterma de Freundlich	23
1.2. Antecedentes	24

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	30
2.1.1. Descripción del Problema	31
2.1.2. Enunciados del problema	31
2.1.2.1. Problema general	31
2.1.2.2. Problemas específicos	31
2.2. Justificación	31
2.3. Objetivos	33
2.3.1. Objetivo general	33
2.3.2. Objetivos específicos	33
2.4. Hipótesis	33
2.4.1. Hipótesis general	33
2.4.2. Hipótesis específicas	33



CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio	35
3.1.1. Ubicación	35
3.2. Población	37
3.3. Muestra	38
3.4. Método de Investigación	38
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	39
3.5.1. Variables a ser analizadas.	39
3.5.2. Diseño experimental de bioadsorción.	40
3.5.3. Materiales, Equipos, Instrumentos e Insumos	41
3.5.4. Parte experimental	41
3.5.4.1. Procedimiento para la elaboración del carbón activado a partir de la cáscara de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) como bioadsorbente.	42
3.5.4.2. Elaboración y Activación de la cascara de plátano	45
3.5.4.3. Toma de muestra del Rio Crucero - Sector Progreso para la prueba experimental.	48
3.5.5. Determinación de la cantidad y tamaño de partícula óptimo de bioadsorbente para la remoción de metales pesados As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso empleando cáscara de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) como bioadsorbente.	49
3.5.6. Determinación de la concentración final de metales pesados As y Pb en aguas del Rio Crucero – Sector Progreso empleando la cáscara de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) como bioadsorbente.	51
3.5.7. Determinación del tiempo óptimo de contacto para la bioadsorción de los metales pesados As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso	54

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de la cantidad y tamaño de partícula óptimo de bioadsorbente para la remoción de metales pesados As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso empleando cáscara de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) como bioadsorbente.	57
--	----



4.2. Determinación de la concentración final de metales pesados As y Pb en aguas del Rio Crucero – Sector Progreso empleando la cáscara de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>) como bioadsorbente.	58
4.3. Resultados para la determinación del tiempo óptimo de contacto para la bioadsorción de los metales pesados As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso.	59
4.4. Porcentaje de bioadsorción	60
4.5. Proceso prueba Hipótesis.	62
4.5.1. Análisis de hipótesis para bioadsorción de Arsénico (As).	62
4.5.2. Análisis de hipótesis para bioadsorción de Plomo (Pb)	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	79



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Actividades Industriales Generadoras de Metales Pesados	5
2. Principales Minerales de Arsénico	7
3. Contenido de Arsénico de Algunos Minerales Comunes	8
4. Contenido de plomo en algunos minerales comunes	10
5. Límites Máximos Permisibles para Descarga de Efluentes Líquidos de actividades Minero-Metalúrgicas	11
6. Clasificación Taxonómica del plátano.	12
7. Composición química de la cáscara de plátano	13
8. Métodos de tratamiento de agua para la remoción de iones metálicos	16
9. Variables Analizadas	39
10. Variación De Parámetros	40
11. Matriz del Diseño factorial 2^3	40
12. Porcentaje de humedad de la cascara de platano	44
13. Análisis fisicoquímico de la muestra de agua del Rio Crucero	48
14. Variación De Parámetros	50
15. Matriz del Diseño factorial para la Bioadsorción de Arsénico y Plomo	51
16. Resultados de concentración inicial y final para el Arsénico	53
17. Resultados de concentración inicial y final para el Plomo	53
18. Resultados de capacidad y porcentaje de bioadsorción para el Arsénico	54
19. Resultados de capacidad y porcentaje de bioadsorción para el Plomo	55
20. Resultados Bioadsorción de Arsénico	57
21. Resultados Bioadsorción de Plomo	57
22. Concentración inicial y final de As y Pb	59
23. Resultados porcentaje de bioadsorción de Arsénico	60
24. Resultados porcentaje de bioadsorción de Plomo	61
25. Análisis de Varianza	62
26. Resumen del modelo	63
27. Coeficientes codificados	63
28. Análisis de Varianza	65
29. Resumen del modelo	65
30. Coeficientes codificados	66



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Esquema del proceso de adsorción y desorción de sólidos porosos	17
2. Sistema discontinuo (batch)	18
3. Sistema continuo columna de lecho fijo	18
4. Ubicación satelital del ámbito de estudio (Rio Crucero – Sector Progreso)	36
5. Ubicación satelital del laboratorio de investigación UNA – PUNO.	37
6. Toma de muestras de agua en el Rio Crucero	38
7. Selección de la materia prima empleada para la elaboración del carbón	42
8. Limpieza de la materia prima empleada para la elaboración del carbón	43
9. Cascara de platano para la elaboración del carbón.	43
10. Molienda de la cascara de platano	45
11. Tamizado de la cascara de platano	45
12. Clasificación según granulometría de la cascara de platano	46
13. Impregnación con H_3PO_4	46
14. Diagrama de flujo elaboración del carbón activado a partir de la cascara de platano	47
15. sistema batch, proceso de bioadsorción de As y Pb	49
16. Diagrama de flujo del proceso de bioadsorción	50
17. Porcentaje de bioadsorción de As y Pb.	61
18. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de Arsénico	64
19. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de Plomo	66



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Tabla de Tamices Estándar USA	79
2. estándares de Calidad Ambiental ECA para Agua	80
3. Resultados de análisis de metales pesados en agua de la subcuenca Rio Crucero - Azángaro	90
4. Resultados de análisis de Arsénico en agua – Rio Crucero – Azángaro	93
5. Resultados de análisis de Plomo en agua – Rio Crucero – Azángaro	96

RESUMEN

La investigación se desarrolló con el propósito de mitigar la contaminación de las aguas de Rio Crucero sector Progreso con metales pesados por los efluentes mineros. Tuvo como objetivo determinar el porcentaje de bioadsorción de arsénico (As) y plomo (Pb) de aguas del Rio Crucero sector Progreso empleando la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente, residuo orgánico sin valor económico del cual se obtuvo el carbón activado. Se aplicó la metodología cuantitativa – experimental, la bioadsorción se realizó en reactores tipo Batch, variando determinados parámetros como: cantidad de bioadsorbente de 2 y 4 gramos; tamaño de partícula malla # 20 (0,850 mm) y malla #16 (1,180 mm); tiempo de contacto de 60 y 120 minutos junto con las muestras de agua a tratar, que posteriormente se sometieron a análisis con ICP OES, esto con el propósito de determinar los factores que más influyen en la bioadsorción. Los resultados de la experimentación con carbón obtenido a partir de la cascara de platano muestran porcentajes de bioadsorción para el Arsénico de 67,241% con parámetros óptimos de: cantidad de bioadsorbente de 4 g, tamaño de partícula de 0,850 mm, y tiempo de contacto de 60 minutos, y para el Plomo un porcentaje de bioadsorción de 99,018% con cantidad de bioadsorbente de 4 g, tamaño de partícula de 0,850 mm, y un tiempo de contacto de 120 minutos. Cumpliendo así con los estándares de calidad de aguas y constituyendo estos desechos orgánicos como nueva y prometedora clase de bioadsorbente para eliminar los metales pesados.

Palabras clave: Aguas contaminadas, arsénico, bioadsorbente, bioadsorción, cascara de plátano, metales pesados, plomo.



ABSTRACT

The research was developed with the mitigate purpose the waters pollution of Crucero river Progreso sector with heavy metals from mining effluents. Its objective was to determine the bioadsorption percentage of arsenic (As) and lead (Pb) from waters of Crucero river Progreso sector using the banana peel (*Musa paradisiaca*) as bioadsorbent, organic waste without economic value from which activated carbon was obtained. The quantitative - experimental methodology was applied, bioadsorption was carried out in Batch-type reactors, varying certain parameters such as: bioadsorbent amount of 2 and 4 grams; particle size #20 mesh (0,850 mm) and #16 mesh (1,180 mm); contact time of 60 and 120 minutes together with the water samples to be treated, which were subsequently subjected to analysis with ICP OES, this with the determining purpose the factors that most influence in the bioadsorption. The experimentation results with charcoal obtained from the banana peel show bioadsorption percentages for Arsenic of 67,241% with optimal parameters of: bioadsorbent amount of 4 g, particle size of 0,850 mm, and contact time of 60 minutes, and for Lead a bioadsorption percentage of 99,018% with bioadsorbent amount of 4 g, particle size of 0,850 mm, and a 120 minute contact time. Thus complying with water quality standards and constituting these organic wastes as a new and promising class of bioadsorbent to remove heavy metals.

Keywords: Arsenic, banana peel, bioadsorbent, bioadsorption, heavy metals, lead, pollution water.

INTRODUCCIÓN

La contaminación de las aguas en los ríos y afluentes con metales pesados por la actividad minera es uno de los problemas ambientales graves que se presenta hoy en día, en algunos casos llegan a superar los estándares de calidad ambiental, establecido por el Ministerio del Ambiente. Los avances en la ciencia y tecnología desde la revolución industrial han incrementado la capacidad del ser humano para investigar y explorar los recursos naturales, (Bermejo, 2016). El área de estudio se encuentra en el área de influencia minera del río Crucero- sector progreso, Distrito de Asillo, el presente trabajo se ha desarrollado considerando que el agua representa un elemento natural e indispensable para la vida y el desarrollo de diversas actividades, el área de estudio se encuentra en una zona de irrigación dedicada a la agricultura y ganadería. El presente trabajo pretende determinar los parámetros óptimos para la bioadsorción de metales pesados Arsénico (As) y plomo (Pb) de aguas del río crucero- sector progreso empleando cáscara de plátano. El Arsénico y Plomo dependiendo de su concentración, son muy tóxicos tanto para animales y plantas, puede producir enfermedades y causar serias complicaciones en la salud. El uso de biomásas, como plantas, cáscaras, hojas, paja, como bioadsorbentes o adsorbentes es un enfoque simple y de bajo costo para eliminar metales pesados de las aguas contaminadas con metales pesados.

Así mismo en nuestra región de Puno, se estudian métodos para disminuir o eliminar la contaminación que generan las actividades relacionadas con la minería, en la actualidad desde el punto de vista económico se ha encaminado la búsqueda de métodos más económicos y de fácil aplicación para el tratamiento de estos efluentes empleando biomásas residuales, y que son estudiados con posibilidades para su aplicación industrial. Este trabajo de investigación se desarrolló teniendo en cuenta diversos antecedentes de estudio, abarcando las distintas metodologías de tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados aplicados en los últimos tiempos, considerando la problemática de investigación que nos permitió identificar los problemas que atravesamos a causa de la contaminación de las aguas por la presencia de metales pesados, desarrollamos una metodología para realizar un tratamiento simple que nos proporcionó los datos necesarios para lograr nuestros objetivos y presentar los resultados para la bioadsorción de As y Pb de aguas del Río Crucero- Sector Progreso empleando cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente.



La investigación presenta en su estructura 4 capítulos:

En el Capítulo I, se desarrolla el marco teórico y los antecedentes más relevantes de estudio, abarcando distintas metodologías de tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados aplicados en los últimos tiempos. En el Capítulo II, se ha considerado la problemática de investigación, permitiéndonos identificar los problemas que atravesamos a causa de la contaminación de las aguas por la presencia de metales pesados, también en este capítulo consideramos los objetivos que pretendemos lograr en el trabajo de investigación. En el Capítulo III, detallamos el lugar de estudio, la población y la metodología de investigación, los materiales y métodos utilizados, donde cada experimento se desarrolló con una muestra real de concentración inicial C_i , y al finalizar el experimento se presenta con una concentración final, utilizando un equipo de espectrometría de emisión atómica de plasma acoplada inductivamente (ICP-OES), el cual nos proporcionó los datos necesarios para lograr nuestros objetivos. En el Capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos luego de aplicar la metodología de investigación para la bioadsorción de As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso empleando cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*) como bioadsorbente. Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, como resultados del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Contaminación del agua por metales pesados

En la actualidad se estima en más de un millón de sustancias diferentes las que son introducidas en las aguas naturales a través de los vertidos antropogénicos, muchas de ellas no son consideradas tóxicas, si bien pueden alterar las características organolépticas del agua, perturbar severamente el ecosistema, el estudio de la presencia de metales pesados en aguas de ríos y sedimentos, constituye un aporte a la disposición de información de carácter ambiental y contribuirá al diagnóstico de cada una de sus cuenca (Contreras *et al.*, 2004), la contaminación por metales pesados en recursos hídricos, suelos y aire muestra uno de los más duros problemas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel mundial (Reyes *et al.*, 2016), las fuentes de agua son indispensables para la vida, ya que no existe otra sustancia que pueda reemplazarla (Huayhua *et al.*, 2018), La contaminación de aguas por metales pesados como: As, Pb, Cr, Cu, Zn, Fe, Cd, Mg y algunos reactivos químicos empleados en los procesos, provenientes de las plantas de tratamientos de minerales, no son susceptibles a una biorremediación, ni quimioremediación a corto plazo (Quispe *et al.*, 2019).

1.1.2. Metales Pesados

Según la tabla periódica, los metales pesados forman un grupo cercano a los 40 elementos de la tabla periódica, que tienen una alta densidad mayor o igual a 5 g/cm³, masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas, al

contrario de muchos contaminantes orgánicos los metales pesados no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales debido a que no son biodegradables. Por el contrario, son muy contaminantes (Londoño *et al.*, 2016).

Los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles, los metales pesados tienen efectos en la salud y afectan a diferentes órganos. Son componentes naturales de la corteza terrestre, tienen un papel importante en los organismos, son contaminantes tóxicos que se liberan al medio ambiente como resultado de actividades mineras, industriales y agrícolas (Kumar *et al.*, 2012), donde los metales pesados de mayor riesgo para la salud son el cadmio, mercurio, plomo, arsénico (Alcocer & Huamán, 2018).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen 13 metales pesados de importancia para la salud humana y ambiental, estos son As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, Ti, Zn y Se (Reyes *et al.*, 2016). Los metales pesados son altamente usados en la industria, generan contaminación en el suelo, el agua y la atmósfera, algunas de las actividades se mencionadas en la tabla siguiente.

Tabla 1

Actividades Industriales Generadoras de Metales Pesados.

Industria	Metales	Contaminación derivada
Minería de metales ferrosos	Cd, Cu, Ni, Cr, Co, Zn	Drenaje ácido de mina, relaves, escombreras.
Extracción de minerales	As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn	Presencia en las menas como en los subproductos.
Fundición	As, Cd, Pb, Ti	Procesado del mineral para la obtención de metales.
Metalurgia	Cr, Cu, Mn, Pb, Sb, Zn	Procesado térmico de metales.
Aleaciones y aceros	Pb, Mo, Ni, Cu, Cd, As, Te, U, Zn	Fabricación, eliminación y reciclaje de metales. Relaves y escoriales
Gestión de residuos	Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr, Hg, Mn	Incineración de residuos o en los lixiviados.
Corrosión Metálica	Fe, Cr, Pb, Ni, Co, Zn	Inestabilidad de los metales expuestos al medio ambiente.
Galvanoplastia	Cr, ni, Zn, Cu	Los efluentes líquidos de procesos de recubrimientos.
Pinturas y pigmentos	Pb, Cr, As, Ti, Ba, Zn	Residuos acuosos procedentes de la fabricación y el deterioro de la pintura vieja.
Baterías	Pb, Sb, Zn, Cd, Ni, Hg	Fluido de la pila de residuo, la contaminación del suelo y las aguas subterráneas.
Electrónica	Pb, Cd, Hg, Pt, Au, Cr, As, Ni, Mn	Residuos metálicos acuosos y sólidos desde el proceso de fabricación y reciclaje.
Agricultura y ganadería	Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn, As, Mn, Cu	Contaminación de escorrentía, aguas superficiales y subterráneas, la bioacumulación planta.

Fuente: (Caviedes *et al.*, 2015).

1.1.2.1. Arsénico

El arsénico es un elemento perteneciente al grupo V-A de la tabla periódica, número atómico 33, peso atómico 74,92 y se presenta en estado sólido principalmente en forma de sulfuros, muestra propiedades intermedias entre metales y no metales, es uno de los metales más tóxicos derivado del entorno natural (Moreno, 2010), es un elemento muy común en aguas naturales, suelos y rocas, es un elemento que se encuentra en el medio ambiente, sus compuestos se hallan principalmente en estado de oxidación pentavalente As (V) y trivalente As (III), estas especies arsenicales varían en su grado de toxicidad, siendo los compuestos inorgánicos más tóxicos que los orgánicos (Medina *et al.*, 2018), La principal vía de dispersión en el ambiente es el agua, aún si se considera la sedimentación, la solubilidad de los arsenatos y arsenitos es suficiente para que este elemento se transporte en los sistemas acuáticos. La concentración de estos elementos en aguas naturales es muy variable y depende de las formas de arsénico en el suelo local movilizadas al medio ambiente (Alarcón *et al.*, 2013),

El arsénico aparece como un componente en más de 200 minerales (Arsénico nativo, arsenatos arseniuros, arsenitos, sulfuros, y óxidos), los principales minerales de arsénico se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla 2

Principales Minerales de Arsénico

Mineral	Composición	Ocurrencia
Arsénico nativo	As	Venas hidrotermales
Rejalgar	AsS	Filones asociados con oropimente, arcillas y carbonatos en “hot springs”
Oropimente	As ₂ S ₃	Venas hidrotermales, “hot springs”, como producto de sublimación de emanaciones volcánicas
Cobaltita	CoAsS	Depósitos de alta temperatura, rocas metamórficas
Arsenopirita	FeAsS	Mineral de As más abundante y muy frecuente en filones.
Enargita	Cu ₃ AsS ₄	Venas hidrotermales
Arsenolita	As ₂ O ₃	Mineral secundario formado por oxidación de arsenopirita, arsénico nativo y otros minerales de arsénico.
Niccolita	NiAs	Filones y noritas
Claudetita	As ₂ O ₃	Mineral secundario formado por oxidación de rejalgar, arsenopirita. Y otros minerales de arsénico
Escorodita	FeAsO ₄ .2H ₂ O	Mineral secundario
Farmacosiderita	Fe ₃ (AsO ₄) ₂ (OH) ₃ .5H ₂ O	Producto de oxidación de arsenopirita y otros minerales de arsénico

Fuente: (Boyle & Jonasson, 1973).

Las mayores concentraciones de arsénico aparecen en sulfuros como pirita, calcopirita, galena y marcasita, donde el arsénico se encuentra sustituyendo al azufre en la estructura y puede encontrarse arsénico en concentraciones apreciables, (Boyle & Jonasson, 1973) como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3

Contenido de Arsénico de Algunos Minerales Comunes

Mineral	Concentración de As (ppm)	Comentarios
Pirita	100 - 1600	En rocas
Pirita	5- 5600	En depósitos minerales
Pirrotita	5 - 50	En rocas
Pirrotita	<5-100	En depósitos minerales
Marcasita	20-600	En depósitos minerales
Galena	5-10.000	En depósitos minerales
Calcopirita	10-1000	En depósitos minerales
Chalcosita	95-225	En depósitos minerales
Esfalerita	5-17.000	En depósitos minerales
Calcopirita	10-5000	En depósitos minerales
Calcita	1-8	En rocas y depósitos minerales
Dolomita	<3	En rocas y depósitos minerales
Hematites	Hasta 160	En depósitos de mineral de hierro
Magnetita	2,7-41	En depósitos minerales
Cuarzo	0,4-1,3	En depósitos minerales
Casiterita	<5-100	En depósitos minerales

Fuente:(Boyle & Jonasson, 1973).

1.1.2.2. Toxicidad del Arsénico

El arsénico es un agente carcinogénico que ocasiona múltiples efectos negativos sobre la salud humana a corto y largo plazo, las fuentes de exposición al arsénico pueden ser tanto naturales como antropogénicas, su mayor amenaza reside en la utilización de agua contaminada (MINSA, 2012), se asocia predominantemente con la exposición a arsénico la forma más común en el agua, suelo y/o comida son principalmente los arsenatos y en menor cantidad los arsenitos, por tal razón los organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha establecido la reducción del límite del contenido de arsénico en agua de consumo de 0,05 a 0,01 mg/L. (Rodríguez, 2015). La arsenicosis o hidroarsenicismo crónico es una enfermedad que se presenta por altas concentraciones de As inorgánico y presenta diferentes afectaciones en la salud, tales como problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y efectos cancerígenos (pulmón, vejiga y piel) entre otras (Alejandro *et al.*, 2019), Los efectos de la exposición al arsénico van desde la letalidad a efectos crónicos, existiendo múltiples consecuencias, y viéndose afectados varios sistemas y órganos diferentes, sistema cardiovascular, inmunológico, reproductivo, digestivo, nervioso, así como el sistema endocrino, hepático y renal (Medina *et al.*, 2018).

1.1.2.3. Plomo

El plomo es un metal pesado de color gris azulado, brillante, muy blando, muy maleable, posee gran densidad, punto de fusión bajo y se raya con la uña, es un elemento muy antiguo de la tabla periódica, se ha utilizado durante muchos años por su resistencia a la corrosión, maleabilidad, ductibilidad y facilidad para formar aleaciones. Se encuentra en forma natural en la corteza terrestre de un modo relativamente abundante, generalmente en forma de sulfuro de plomo (PbS), y como mineral oxidado (PbCO₃), (Colorado, 2017) ,(United Nations Environment Programme UNEP, 2015), la gran parte de plomo presente en los efluentes proviene de actividades mineras, en solución acuosa presenta un estado de oxidación de ⁺² que es el más estable, El plomo que ingresa al organismo por vía digestiva, respiratoria o la piel, se asocia en una primera fase a los eritrocitos. A largo plazo, el 95% del metal se acumula a nivel óseo sustituyendo al calcio, este

metal también ejerce un efecto tóxico sobre el sistema nervioso central, y se ha asociado a eficiencias en el desarrollo intelectual de niños (Lucas, 2016).

Tabla 4

Contenido de plomo en algunos minerales comunes

Mineral	Formula	% de composición por elementos			
		Principal	Otros 1	Otros 2	Otros 3
Galena	PbS	86,60 Pb	13,40% S	----	----
Piromorfita	Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl	76,38 Pb	14,15% O	6,85 %P	2,61 % Cl
Mimetita	Pb ₅ (AsO ₄) ₃ Cl	69,61 Pb	15,10 As	12,90% O	2,36% Cl

Fuente: (Folchi, 2005).

1.1.2.4. Toxicidad del Plomo

El plomo es un metal altamente tóxico y está presente en gran parte de las actividades que realiza el hombre, es un metal pesado de color plateado con tono azulado (Narváez & Pozo, 2018), la contaminación por plomo proviene principalmente del ambiente y a menudo comprende actividades industriales y mineras (Morales *et al.*, 2018), la emisión de metales pesados como plomo, cadmio, cromo, arsénico y mercurio preocupan a la salud pública y acuática (Chand & Pakade, 2013), el concepto de intoxicación por plomo (saturismo, plumbosis) se define en base a la evidencia científica de los efectos tóxicos del plomo concentraciones de 10 µg/dL o más en adultos y de 5 µg/dL o más en niños; puede originar afectación renal y ósea, edema cerebral y hasta la muerte (Azcona *et al.*, 2015), este metal ingresa al cuerpo a través de los pulmones por inhalación, el tracto gastrointestinal y por la piel, (Corzo & Velasquez, 2014). Una vez en el organismo es transportado por el torrente sanguíneo a todos los órganos y tejidos, es absorbido y puede acumularse en los huesos, dientes, hígado, pulmones, riñones y cerebro, el mecanismo de acción es por unión a los grupos sulfhídrico, su diagnóstico es difícil porque la sintomatología es multisistémica: dolor abdominal, náusea, vómitos, irritabilidad, cefalea, anemia, pérdida de peso, neuropatía periférica, entre otros (Valdivia, 2005).

1.1.3. Límite Máximos Permisibles (LMP)

Es el Instrumento que mide la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, que al exceder puede causar daños a la salud, bienestar humano y al medio ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de Gestión Ambiental, el cual se mide en el cuerpo receptor (MINAM, 2010).

Tabla 5

Límites Máximos Permisibles para Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas

Parámetros	Unidad	Límite cualquier momento	Límite promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos totales en suspensión	mg/L	50	25
Aceites y grasas	mg/L	20	16
Cianuro total	mg/L	1	0,8
Arsénico total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio total	mg/L	0,05	0,04
Cromo hexavalente	mg/L	0,1	0,08
Cobre total	mg/L	0,5	0,4
Hierro disuelto	mg/L	2	1,6
Plomo total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc total	mg/L	1,5	1,2

Fuente: (MINAM, 2010).

1.1.4. Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

El Estándar de Calidad Ambiental es un instrumento de gestión ambiental, que se establece para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional. El ECA establece los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente. En nuestro país tenemos cinco tipos de ECA que son para Agua, Aire, Suelo, Ruido y Radiaciones

No Ionizantes, este instrumento de gestión es muy importante porque nos permite tener una meta de calidad ambiental cuya evaluación periódica permite saber su cumplimiento y tomar las medidas respectivas (MINAM, 2017).

1.1.5. Plátano (*Musa paradisiaca*)

Fruta cilíndrica con 3 ángulos pronunciados, se consume en diversos estados de madurez. Así, el plátano con cáscara verde y vetas negras tiene un sabor salado, su firme y astringente pulpa es de color blanco marfil (Falla & Ramon, 2018), plátano es un término general que se da a un número de especies o híbridos del género *musa* de la familia *musácea* (*Musa paradisiaca*) es una fruta de elevado valor nutricional, En otros países se está manejando el uso de los residuos de cosecha para la elaboración de biogás, láminas de cartón, material para embalaje y pita. La utilización del banano como fuente alimenticia se remonta a épocas antiguas y su consumo se considera popular.

1.1.5.1. División Taxonómica

Tabla 6

Clasificación Taxonómica del plátano.

Platano	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musácea
Genero	Musa
Especie	paradisiaca

Fuente: (Cardoso *et al.*, 2015).

1.1.5.2. Zonas agroecológicas de producción de plátano

- Selva Alta: 32,07% (Amazonas, Cuzco, Huánuco, Pasco, Puno, Junín, Cajamarca).
- Selva Baja: 49,80% (Loreto, San Martín, Ucayali, Madre de Dios).
- Costa Norte: 16,54% (Piura, Tumbes).
- Otros: 1,59% (La Libertad, Ayacucho, Lima, Lambayeque, Ica, Ancash).

1.1.5.3. Cascara de plátano

Las cascara de plátano son desechos orgánicos que desecadas y pulverizadas, y al mezclarlas con agua contaminada la limpian de metales pesados, pueden ser utilizadas para la fabricación de harina, otra alternativa es el aprovechamiento de la cascara de plátano como adsorbente para el tratamiento de efluentes (Cardoso *et al.*, 2015), la cáscara de plátano representa alrededor del 30% del peso del fruto, la cual es descartada (Gómez *et al.*, 2019) sin embargo es una biomasa que se utiliza básicamente para la alimentación animal o en muchos casos no se utiliza, produciendo contaminación ambiental (Anchundia *et al.*, 2016).

1.1.5.4. Composición Química de la Cascara de Platano

Tabla 7

Composición química de la cáscara de plátano.

Determinación	Cascara de plátano (Base seca) %
Humedad	89,10
Almidón	39,89
Lignina	14,00
Celulosa	13,20
Hemicelulosa	14,80
Magnesio	0,16
Calcio	0,26
Cenizas	11,37

Fuente: (Campos & Porras, 2018).

1.1.6. Técnicas de tratamiento para la remoción de metales pesados

Existen numerosos métodos para la remoción de los metales pesados de soluciones acuosas, están dependientes de diferentes factores y técnicas que habitualmente se emplean para la remoción de estos contaminantes y los no convencionales (Caviedes *et al.*, 2015), para la remoción de metales pesados se han desarrollado diferentes técnicas especialmente para el tratamiento y remoción de estos elementos contaminantes del medio acuoso, las técnicas pueden considerarse como convencionales refiriéndose a las técnicas normalmente usadas para la remoción,

precipitación química, filtración por membrana, intercambio iónico, adsorción, electrocoagulación, floculación entre otros y las técnicas no convencionales las cuales hacen referencia a procesos innovadores para la remoción de metales pesados en agua (Pabón *et al.*, 2020).

1.1.6.1. Precipitación Química

La precipitación química es el tratamiento fisicoquímico más utilizado para la eliminación de metales pesados de medios acuosos debido a su relativa facilidad para operarse, y su efectividad depende de varios factores, la concentración inicial, agente precipitante y el pH de la solución, (Fernandez, 2019), la precipitación química consiste en la separación de un ion metálico de una disolución como consecuencia de la disminución de la solubilidad de los metales con el aumento del pH, causado generalmente por la adición de un reactivo alcalino como hidróxido sódico (NaOH), hidróxido cálcico ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) o cal (CaO). Este método no siempre es efectivo, ya que cuando el metal se encuentra en concentraciones menores se necesita exceso de agente precipitante (Hernández & Triviño, 2016).

1.1.6.2. Coagulación Química

Método mediante el cual se logra desestabilizar un coloide para su posterior aglomeración, permitiendo una rápida separación sólido-líquido. En la primera etapa la coagulación elimina la doble capa eléctrica que caracteriza a los coloides y con la floculación se aglomeran los coloides mediante la atracción de partículas con el aglutinamiento de los floculantes. Los factores más importantes que se deben tener en cuenta para esta técnica son la dosis química apropiada, los coagulantes químicos que se utilizan para el tratamiento incluyen alumbre ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), cloruro férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), entre otros (Caviedes *et al.*, 2015).

1.1.6.3. Intercambio Iónico

El intercambio iónico consiste en un intercambio de iones de carga equivalente, en el cual una matriz sólida, generalmente una resina, se encarga de retener los iones metálicos, y en su lugar libera iones diferentes con igual carga, es un proceso de separación física, si se compara con los procesos de coagulación, el intercambio iónico presenta mayores ventajas, tiende a ser más selectivo, además presenta una

alta eficiencia en la remoción de iones metálicos en aguas contaminadas con los metales pesados (Pabón *et al.*, 2020). El intercambio iónico es una reacción química reversible, que tiene lugar cuando un ion de una disolución se intercambia por otro ion de igual signo que se encuentra unido a una partícula sólida, es un proceso de separación físico en el cual los iones intercambiados no se modifican químicamente. Las principales ventajas de este proceso son la recuperación del valor del metal, la selectividad, menos volumen de lodos producidos (Hernandez *et al.*, 2017).

1.1.6.4. Métodos Electroquímicos

Son reacciones de oxido-reducción inducidas por la aplicación de corriente eléctrica externa entre dos electrodos que se encuentran en disolución conductora, por tanto se utiliza la energía eléctrica como vector de descontaminación ambiental, siendo su costo una de las principales desventajas, sin embargo en ventajas cabe destacar la ausencia del empleo de reactivos, presencia de fangos y la selectividad, pues controlar el potencial de electrodo permite seleccionar la reacción electroquímica deseada (García *et al.*, 2019).

1.1.6.5. Filtración por membrana

Esta técnica presenta altas eficiencias, consisten en una separación física de los solutos presentes en una solución acuosa de agua, que al pasar a través de una membrana selectiva retiene cierto tipo de iones, esta técnica generalmente es empleada para la recuperación de sales metálicas, los procesos de membrana se dividen en microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa, diálisis y electrodiálisis. En la eliminación de metales pesados se emplean la ultrafiltración, la nanofiltración, la ósmosis inversa y la electrodiálisis, entre sus mayores inconvenientes esta la generación de grandes cantidades de lodos que contienen metales (Izquierdo, 2010).

1.1.6.6. Fotocatálisis

La fotocatálisis es una técnica no selectiva con la que se puede degradar compuestos contaminantes mediante oxidación avanzada, es una reacción fotoquímica que convierte la energía solar en energía química, esta técnica ha sido probada en el tratamiento de aguas residuales pero uno de los principales

inconvenientes se debe a que debido al ancho de banda del semiconductor, sólo se aprovecha el 5,0% del espectro solar (radiación UV) para llevar a cabo el proceso foto catalítico, la fotocatalisis puede ser también aplicada en la separación y eliminación de metales pesados como plomo, mercurio, cadmio, entre otros (López *et al.*, 2016).

En la Tabla, se muestran algunos de los métodos de tratamiento de aguas.

Tabla 8

Métodos de tratamiento de agua para la remoción de iones metálicos.

N°	Método	Ventajas	Desventajas
1	Precipitación química.	Grandes cantidades de lodos.	Operación simple, no costoso, puede remover la mayoría de metales.
2	Coagulación química.	Costo de operación extra para la eliminación de lodos	Sedimentación de lodos.
3	Intercambio iónico.	Alto costo.	Deshidratación.
4	Métodos electroquímicos.	Alto consumo de productos químicos	Alta regeneración de materiales.
5	Filtración por membrana.	Alto costo de operación debido a ensuciamiento de membrana.	No consumo de productos químicos.
6	Fotocatalisis.	Largo tiempo de duración, aplicación limitada.	Remoción de metales y contaminantes orgánicos en simultáneo y menos residuos peligrosos.
7	Bioadsorción.	Menor número de iones metálicos removidos Alto.	Selectivo, bajo costo.

Fuente: (Nguyen *et al.*, 2013).

1.1.7. Bioadsorción

La bioadsorción es un proceso fisicoquímico que incluye fenómenos de adsorción y absorción de moléculas y iones. La bioadsorción es un proceso de adsorción que consiste en la captación de diversas especies químicas por biomasa viva o muerta, a través de mecanismos fisicoquímicos, el proceso de bioadsorción implica una fase sólida y una fase líquida que contiene las especies disueltas que serán retenidas por el sólido por distintos mecanismos (Alvarado, 2017).

La bioadsorción es un fenómeno físico mediante el cual, un sólido se adhiere a la superficie de los materiales orgánicos inertes, este proceso se caracteriza por la unión rápida y reversible de ciertos iones a la superficie del bioadsorbente (Miranda, 2017).

La bioadsorción es una técnica de tratamiento de efluentes contaminados con un agente a bajas concentraciones y consiste en eliminar o retener este agente mediante materiales de origen biológico, son muy útiles ya que estos consiguen buenos resultados de forma económica (Belaire & Jacobs, 2017).

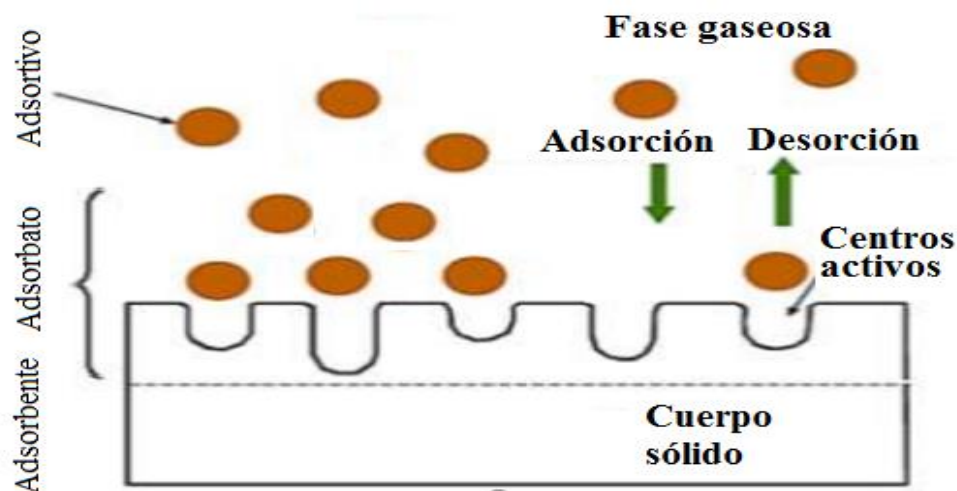


Figura 1. Esquema del proceso de adsorción y desorción de sólidos porosos

1.1.7.1. Tipos de proceso de bioadsorción

Existen dos tipos de proceso, la disolución líquida que contiene el metal, que entra en contacto con sólido sorbente, mediante un flujo el cual puede ser discontinuo (Bach) y continuo (columna de lecho fijo), (Belaire & Jacobs, 2017).

A. Adsorción discontinua batch (tanque agitado)

El sistema discontinuo consiste en añadir una cantidad de bioadsorbente en un volumen de agua que contenga un contaminante de estudio de esta manera el bioadsorbente permanece en la disolución un determinado tiempo para posteriormente realizar el analizar de la concentración del contaminante adsorbido por la biomasa y determinar la capacidad de adsorción.

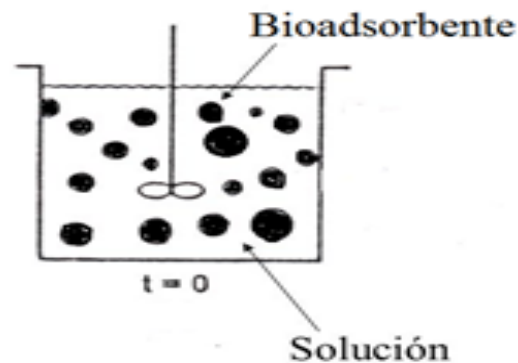


Figura 2. Sistema discontinuo (Batch)

B. Adsorción continua en columna de lecho fijo

Este método de adsorción continua es muy usado para la adsorción de solutos de líquidos o gases, en lecho fijo, un adsorbente de lecho fijo es una columna cilíndrica vertical rellena con partículas del adsorbente, el fluido que contiene el soluto se hace descender a través del lecho empacado a un flujo constante y la cantidad retenida en la columna aumenta con el tiempo. En el proceso continuo son importantes las resistencias a la transferencia de masa que se lleva a cabo en un estado no estacionario.

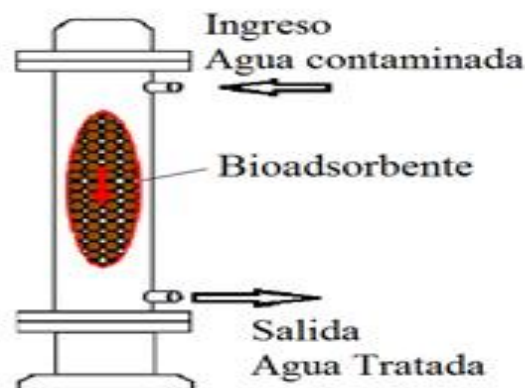


Figura 3. Sistema continuo columna de lecho fijo

1.1.8. Factores que influyen en un proceso de bioadsorción

El proceso de bioadsorción depende de varios parámetros fisicoquímicos, los factores que influyen en el proceso de bioadsorción son: temperatura, pH, tamaño de partículas, tiempo de contacto, concentración del adsorbato, estos parámetros pueden aumentar o disminuir la captación de los iones metálicos, así como de las características estructurales (Trujillo, 2015), los siguientes factores afectan el proceso de bioadsorción.

1.1.8.1. Efecto del pH

Los metales en disolución acuosa se encuentran en forma de diferentes especies químicas en función del pH, de aquí la dependencia que existirá entre el pH de la disolución y la posibilidad de extracción del metal, ya que según la especie química los mecanismos de adsorción varían (Coronel, 2016).

1.1.8.2. Tamaño de partícula

El tamaño de partícula del bioadsorbente es uno de los parámetros que más influencia tiene sobre la remoción de metales pesados, tiene lugar fundamentalmente en el interior de las partículas, sobre las paredes de los poros en puntos específicos, La cantidad de adsorbato (soluto) que se puede adsorber es directamente proporcional al volumen, y este volumen es directamente proporcional al área externa y también que la partícula pequeña por lo tanto tiene mayor superficie de contacto (Aranda, 2010).

1.1.8.3. Tiempo de contacto

El tiempo de contacto es otro parámetro importante, mientras mayor sea el tiempo de contacto mayor será la remoción del metal, necesario para la remoción del metal, y es de gran importancia para el diseño y operación de los procesos de Biosorción (Chalco, 2018).

1.1.8.4. Cantidad de bioadsorbente

Es la cantidad de bioadsorbente presente en un determinado volumen de solución, el cual puede limitar o mejorar el proceso de bioadsorción (Chalco, 2018).

1.1.8.5. Concentración inicial de metal

Para determinar la efectividad de un material adsorbente hay que conocer cuál es la cantidad de metal (la capacidad máxima) que puede adsorber. Los materiales establecen diferentes equilibrios de extracción, estos equilibrios dependen en todos los casos de las condiciones experimentales y son diferentes para cada temperatura, son equilibrios isotérmicos (Coronel, 2016).

1.1.8.6. Temperatura

Es bien conocido que la temperatura es uno de los factores que influye en la adsorción, es un proceso exotérmico y se produce de manera espontánea si el adsorbente no se encuentra saturado. La cantidad de material que se acumula depende del equilibrio dinámico que se alcanza (Coronel, 2016).

1.1.9. Equilibrio de adsorción

Debido a la gran afinidad del bioadsorbente por el sorbato, este último es atraída hacia el sólido y es contenida allí por diferentes mecanismos. La cantidad retenida en este proceso es establecida entre la cantidad de bioadsorbente y la diferencia de la especie sorbato y su porción remanente en la solución. El grado de afinidad del bioadsorbente por el sorbato es determinado por la distribución entre las fases sólidas y líquidas. (Tejada *et al.*, 2015),

El cálculo de la cantidad de metal está basado sobre el balance de materia en la sorción del sistema (mg metal/g de bioadsorbente seco): el sorbato la cual desaparece de la solución deba de estar en el sólido, la cual puede ser calculada mediante la expresión (Coronel, 2016).

$$q = \frac{V*(C_i - C_f)}{w} \quad (1)$$

Donde:

q = capacidad de adsorción (mg/g)

C_i = concentración inicial del adsorbato (mg/l)

C_f = concentración final del adsorbato (mg/l)

V = Volumen de la solución (L)

W = peso de adsorbente usado (g)

El porcentaje de adsorción (%A) se calcula con la siguiente ecuación:

$$\%A = \frac{(c_i - c_f)}{c_i} * 100 \quad (2)$$

1.1.10. Cinética de Adsorción

La cinética de la adsorción describe la velocidad con la que cambia la concentración del adsorbato con el tiempo hasta llegar al equilibrio, es importante para entender la dinámica de la adsorción, la velocidad de adsorción está limitada por los mecanismos de transporte de masa y por las propiedades del adsorbente y adsorbato, la cinética de adsorción puede ser ajustada a tres modelos, los cuales están descritos a continuación (Obregon, 2012).

1.1.10.1. Modelo cinético de pseudo primer orden

El modelo fue propuesto por Lagergren, y está basado en la adsorción física del adsorbato sobre el adsorbente, describe la velocidad de adsorción basado en la diferencia de concentración del soluto adsorbido a un tiempo t y en el equilibrio (Aylas, 2018).

$$\frac{dq}{dt} = K_1 (q_e - q_t) \quad (3)$$

Al integrar

$$\int_0^{q_e} \frac{dq}{(q_e - q_t)} = K_1 * \int_0^t dt$$
$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2,303} t$$
$$\ln(q_e - q_t) = \ln(q_e) - k_1 t \quad (4)$$

Donde:

k_1 = constante de la velocidad de adsorción de Lagergren (min^{-1})

q_t = cantidad de adsorbida en tiempo t (mg/g)

q_e = cantidad adsorbida en equilibrio (mg/g)

t = tiempo (min)

1.1.10.2. Modelo cinético de pseudo segundo orden

Este modelo cinético fue desarrollado por Ho y McKay. Se basa en la quimisorción del adsorbato sobre la superficie del material adsorbente y es aplicado para el estudio de la adsorción de contaminantes presentes en una solución acuosa (Aylas, 2018).

$$\frac{dq}{dt} = K_2(q_e - q_t)^2 \quad (5)$$

Ordenando.

$$\frac{dq}{(q_e - q_t)^2} = K_2 * dt$$

Integrando.

$$\int_0^{q_e} \frac{dq}{(q_e - q_t)^2} = K_2 * \int_0^t dt$$
$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (6)$$

donde:

k_2 = constante de velocidad de pseudo segundo orden (g/mg*min)

q_t = cantidad adsorbida en un tiempo t (mg/g)

q_e = cantidad adsorbida en equilibrio (mg/g)

h= incremento de la velocidad inicial de adsorción

1.1.11. Isotermas de Adsorción

La adsorción y desorción de contaminantes juegan un papel importante en el transporte y disponibilidad de contaminantes. también los fenómenos de adsorción y desorción son la base para medir, diseñar y operar otros procesos de interés medio ambiental, tales como la remoción de compuestos tóxicos y materia orgánica recalcitrante de efluentes líquidos y gaseosos en torres empacadas de carbón activado (Landeta, 2020). Una isoterma de adsorción se define como la relación entre la cantidad de sustancia adsorbida por un adsorbente y la concentración de equilibrio a una temperatura constante, las isotermas son ecuaciones de equilibrio, Algunos de los modelos más utilizados en adsorción son los modelos de: Langmuir, Freundlich, BET (Brunauer - Emmett - Teller) y Redlich - Peterson, (Calderón, 2005).

1.1.11.1. Isoterma de Langmuir

Este modelo describe la formación de la monocapa del adsorbato en la superficie externa del adsorbente, hasta que se alcanza la máxima capacidad de adsorción (Calderon, 2005) la expresión matemática que adopta este modelo es la siguiente:

$$q_e = \left(\frac{q_{e_{max}}}{1+b*c_e} \right) \quad (7)$$

Donde:

q_e = capacidad de adsorción en equilibrio(mg/g)

c_e = concentración final de adsorbato en equilibrio (mg/l)

q_{max} = capacidad máxima de adsorción (mg/g)

b = constante de Langmuir

1.1.11.2. Isoterma de Freundlich

La Isoterma de Freundlich fue una de las primeras ecuaciones propuestas para relacionar la cantidad adsorbida con la concentración del material en la solución.

Este modelo se basa en concentración de equilibrio, para concentraciones bajas de metal, sin tener en cuenta presencia de otros iones o variaciones de pH, asume superficie heterogénea y que las posiciones de adsorción tienen distintas afinidades, no hay quimisorción. Adsorción por intercambio iónico, (Calderon, 2005).

$$q_e = k * c_e^{\frac{1}{n}}$$

$$\log q_e = \log k + \frac{1}{n} c_e \quad (8)$$

Donde.

q_e = capacidad de adsorción en equilibrio (mg/g)

c_e = concentración final del adsorbato en equilibrio (mg/l)

k = Constante de Freundlich

n = Intensidad de adsorción

1.2. Antecedentes

Según Gupta *et al.* (2021), la contaminación por metales en el agua causa impactos perjudiciales en plantas, seres humanos y otros, debido a su naturaleza tóxica y recalcitrante. Los métodos convencionales de tratamiento de aguas no son más efectivos y en los últimos años se han llevado investigaciones para desarrollar tecnologías sostenibles más efectivas para la eliminación de metales pesados, En el presente estudio, evaluaron varios adsorbentes de bajo costo para la eliminación de metales pesados mostrando así que estos adsorbentes son una opción más económica, viable y ecológica para garantizar la seguridad ambiental y de salud.

Por su parte Piol *et al.* (2021), en su estudio de eliminación simultánea de cromato y fosfato utilizando combinaciones operativas para su adsorción en dolomita y cáscara de plátano, evaluaron la eficiencia de diferentes combinaciones de dolomita y cáscara de plátano para la adsorción de fosfato y cromato en soluciones. los adsorbentes fueron residuos de la industria de la construcción y de alimentos, se realizaron ensayos de equilibrio y cinética en lote, encontrándose que la dolomita era selectiva para la adsorción de fosfato y la cáscara de plátano para la de cromato, produciendo remociones de 99% de fosfato y 70% de cromato respectivamente.

Hoang *et al.* (2020), para su investigación recolectaron muestras de agua superficial y sedimentos del río más contaminado de Taiwán, el Río Houjing, entre los años (2015 a 2019) y de cinco lugares para estudiar la contaminación de ocho metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni y Zn). El agua mostró la contaminación por metales pesados con $Cd > 1,5$. Para las muestras de sedimentos, los metales pesados fueron similares. Esto implicó que el proceso de atenuación natural no fue adecuado y se requieren tecnologías de tratamiento para mejorar la calidad de los sedimentos.

Cordova *et al.* (2019), en su investigación sobre “Remoción de Pb^{2+} y Cd^{2+} en solución acuosa usando la macrófita acuática *Typha latifolia* inerte”, evaluaron el desempeño de la macrófita *Typha latifolia* inerte como bioadsorbente de Pb y Cd, para ello realizaron diferentes experimentos donde se pusieron en contacto 0,075 g de bioadsorbente con 15 mL de solución del metal. Las concentraciones iniciales de los metales fueron de 10, 20, 30, 40 y 50 mg/L. Después de 60 min, más del 90 % de plomo y más del 80 % de cadmio fueron removidos por la biomasa a pH de 6. Los resultados fueron de adsorción de Pb 38,61 mg/g y la de Cd 7,20 mg/g.

Gomez (2019), en su investigación de “Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III) y (VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres”, realizó la recolección y preparación de los materiales lignocelulósicos (pulpa de café, seudotallo de plátano y tusa de maíz) procedentes de fincas cafeteras de Colombia, realizó un análisis estadístico con el software XLSTAT, permitiendo identificar el tipo de distribución que mejor se ajustaba al comportamiento de los datos; además, como la determinación del pH óptimo y el bioadsorbente que fue más eficiente para la remoción de cada metal, encontrándose que los pH óptimos para la remoción de Pb (II) y Cr (VI) fue de pH 2; para el caso del Mn (II), el pH óptimo 4; y para el Zn (II) y Cr (III) el pH óptimo fue 5; de igual forma, al hacer el comparativo entre los diferentes bioadsorbentes, se concluyó que la pulpa de café en comparación al seudotallo de plátano y la tusa de maíz fue la más eficiente para la remoción de los metales pesados en mención.

Medina *et al.* (2018), en su investigación sobre ingesta de Arsénico, nos menciona el impacto en la salud humana, ya que el arsénico es un elemento que se encuentra distribuido en el medio ambiente, las especies arsenicales varían en su grado de toxicidad, siendo los compuestos inorgánicos más tóxicos que los orgánicos, y los compuestos trivalentes más tóxicos que los pentavalente, son agentes carcinogénicos y ocasiona múltiples efectos negativos sobre la salud.

Viena *et al.* (2018), en su investigación “Aplicación de residuos de cáscaras de plátano como adsorbentes para la eliminación de gases de CO₂, NO, NO_x y SO₂ de las emisiones de motocicletas” los investigadores propusieron otro uso de las cascaras de plátano, donde sus objetivos de estudio fueron investigar la aplicación de la cáscara de plátano como adsorbente para la remoción de gases CO, NO, NO_x y SO₂ de las emisiones de motocicletas. El efecto de diferentes activaciones térmicas sobre las características del adsorbente de cáscara de banano (BPA), los resultados mostraron que el BPA podría adsorber las emisiones de gases CO y SO₂ de las motocicletas, pero no es aplicable a los gases NO, NO_x. I BPA, ayudando así a reducir los gases de efecto invernadero en el medio ambiente.

Zhou *et al.* (2017), en su estudio de adsorción de Pb (II) con Biocarbón producido a partir de cáscaras de plátano frescas y deshidratadas mediante carbonización hidrotermal, los adsorbentes mostraron una excelente capacidad de clarificación de plomo de 359mg·g⁻¹ y 193mg·g⁻¹ para biochares a base de cáscaras de plátano frescas y deshidratadas,

respectivamente. El pretratamiento de deshidratación y pulverización y la adición de ácido fosfórico pueden beneficiar la formación de esos grupos funcionales y la carbonización hidrotermal puede ser un método prometedor para transferir biomasa como cáscaras de frutas en biocarbón con un excelente rendimiento de adsorción.

Khan *et al.* (2017), en su estudio sobre la mejora de la eficiencia de la cáscara de plátano para el tratamiento de aguas residuales mediante adsorción química, Investigaciones recientes sobre la bioadsorción de iones de metales pesados como Cr y Pb y otros metales en aguas, realizadas a nivel mundial, muestran la capacidad de bioadsorción de diferentes biomásas como la cáscara de plátano para el tratamiento de aguas residuales para la bioadsorción de Cromo, este estudio presenta resultados de un 93 % hasta 97,81% de remoción, la cascara de banano maduro para la bioadsorción de Pb con un 80% a 80,71 % de remoción.

Por su parte Matamoros (2016), en su investigación realizó un estudio de la cinética de adsorción de plomo (Pb^{2+}) y Arsénico (As^{3+}) en carbón activado sometiendo a una serie de procesos como: trituración, molienda, tamizado y modificación química con ácido fosfórico (H_3PO_4) con una relación 1:5 e impregnación por una hora, posteriormente se neutralizó, se realizaron experimentos en batch en un reactor, donde se agitaron 3 soluciones sintéticas para plomo (II) y 3 soluciones sintéticas para arsénico (III) a 40 rpm con tiempos de contacto de 15 y 30 minutos, también se varió la cantidad de biomasa a 2, 4 y 6 gr, en general se estableció que al utilizar agentes ácidos para la activación de la biomásas se mostraron resultados muy favorables.

Cardoso *et al.* (2015), en su investigación observan que el estado de Minas Gerais es el tercer productor de plátano más grande de Brasil, de las variedades plata, Caturra y manzana, donde el propósito de esta investigación es evaluar cuál de los tres tipos de cáscaras de plátano es más eficiente en la remoción de Manganeso y Cromo que son generados en el Centro Universitario de Belo Horizonte. Para el proceso de remoción, las cáscaras se secaron y trituraron, el polvo generado se agitó con una solución de metal, y donde el porcentaje de remoción se determinó por el método espectrofotométrico, obteniendo resultados de remoción del 80%.

Por su parte Castro (2015), En su investigación evaluó la capacidad de bioadsorción de Pb (II) y Cr (VI) por la cáscara de banano maduro que desecha la empresa ecuatoriana CONFOCO S.A. donde varió dos parámetros: el tamaño de partícula de la cáscara de

banano entre (845 μm , 400 μm y 250 μm) y la cantidad del polvo de cáscara de banano entre (10, 15 y 20 g/L). la investigación consistió en preparar soluciones con diferentes concentraciones de harina, el proceso se llevó en reactores tipo Batch. Los resultados muestran porcentajes máximos de bioadsorción de 80 % para el plomo (II) y 51,2 % para el cromo (VI). El tiempo de retención del estudio fue de 48 horas. El análisis estadístico indica que, a mayor concentración de cáscara, mayor % de bioadsorción de Pb (II).

Hu, *et al.* (2015), en su investigación realizada sobre la “Evaluación de riesgos de la contaminación por sedimentos por metales pesados en el humedal del lago East Dongting”, Se determinaron las concentraciones totales de Cd, Pb, Cr y Ni en el sedimento superficial (0-10 cm). Los resultados mostraron que los índices de riesgo de los metales pesados se clasificaron en el orden de Cd > Pb > Ni > Cr. Los resultados mostraron que el Cd representaba un alto riesgo para el ecosistema local.

Tejada *et al.* (2015), en su investigación proponen la adsorción de Pb (II) usando bagazo de palma tratado químicamente con ácido cítrico, eligieron este material por ser un desecho disponible en la región Caribe colombiana. Los experimentos fueron llevados a cabo en sistema batch, la determinación de la concentración se midió por absorción atómica, se encontró que el Pb (II) presenta una sorción durante los primeros 10 minutos. La capacidad máxima de adsorción según la isoterma de Langmuir fue de 162 y 451 mg/g para el bagazo sin modificar y modificado, estableciendo que la modificación fue altamente eficiente.

Según Romano (2014), en su investigación tiene por objetivo evaluar la eficiencia de la cáscara de plátano del tipo Nanica (*Musa paradisiaca*) en la Biosorción de iones plomo en soluciones acuosa. Para ello las cáscaras de plátano se secaron y trituraron, luego se tamizaron a (malla 35) para obtener partículas de 500 μm y su caracterizaron en términos de pH (5,93), contenido de humedad (12,66%), materia orgánica (74,07%), carbono (41,14%), contenido de cenizas (13,26%) y plomo (0,075 mg / L). la cascara se sometió a extracción Soxhlet para la eliminación de hemicelulosas. Las pruebas cinéticas se realizaron con pH de 3,5 y 6,5 con remoción de plomo 80,71%, 48,40% y 75,70% respectivamente, obteniendo porcentajes de remoción altos a los primeros 10 minutos y el tiempo remoción óptimo para todos los pH fue de 80 minutos.

Baca (2018), En su investigación sobre el Efecto del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de cromo total de las aguas residuales de Inversiones Harod

S.A.C, Trujillo”, evaluaron el efecto de la cáscara en la remoción de cromo total, los parámetros evaluados fueron, concentración, tamaño de partícula y tiempo de contacto. Se trabajó con una muestra de 100 ml añadiendo 1, 3 y 5 g de polvo de *Musa paradisiaca*, a tiempos de contacto de 1 y 2 h y a mallas de 600 y 420, dando como resultado 97,81 % de extracción, para condiciones de 5 g, 2 h y en malla N° 30.

Campos & Porras (2018), en su investigación se enfocan en la búsqueda de una alternativa de solución a través del tratamiento físico del agua de pozo del barrio Miramayo, Yantaló - Moyobamba, que consiste en la adsorción de hierro y manganeso utilizando un filtro casero con arena, grava cuarzosa y harina de cáscara de plátano *musa spp.* obteniendo como resultado una disminución de la concentración de hierro y manganeso, un 82,26 % de Fe y de un 89,1 % de Mn. Esto demuestra la disminución significativa de los parámetros de Fe y Mn del agua de pozo después del tratamiento.

Ccencho (2018), en su investigación “Uso de biomasa seca (cáscara de plátano) como bioadsorbente de Arsénico en agua subterránea, Cruz del Médano, Mórrope, Lambayeque, a nivel laboratorio – 2018”, tuvo como objetivo general la bioadsorción del Arsénico en agua mediante el uso de biomasa seca. La población de estudio fue un reservorio de agua extraída de la napa freática, donde se utilizó tres diferentes dosis, 2,5, 5 y 7,5 g de biomasa seca a tres diferentes mallas +10,-10 y -18, donde la bioadsorción óptima fue de 5/0,5L de dosis y malla -18/0,5L, a una velocidad inicial de 150 rpm y velocidad final de 30 rpm, tiempo de residencia de 18 h, pH de 5,48, concluyendo que la concentración de Arsénico inicialmente fue de 0,1mg/L y finalmente fue de 0,0827mg/L.

Chocata (2018), en su trabajo de investigación “Evaluación de la capacidad de Biosorción de plomo (II) empleando biomasa vegetal inerte (tallo de rosas) como adsorbente”, propusieron como alternativa para la eliminación de metales pesados el aprovechamiento de residuos vegetales, evaluando la capacidad de adsorción y la eficiencia de remoción de Pb(II) en solución simulada utilizando tallo de rosas como bioadsorbente, se realizó activación química a la biomasa, se realizó ensayos batch, los resultados obtenidos mostraron remociones de Pb(II) superiores al 97%. Y para estudiar con detalle la interacción biomasa-metal, se empleó la Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR), confirmando que la biomasa tallo de rosas (TRHS) es capaz de interactuar con Pb (II) a nivel superficial mediante interacciones físico-químicas.

Vazquez (2016), en su investigación “Biosorción de arsénico por hoja de moringa”, se estudia la concentración de arsénico en el agua y suelo, ya que las exposiciones prolongadas a este metaloide pueden causar daños a la salud. Dicha situación es particularmente importante en la Comarca Lagunera. El polvo de hoja de moringa es un buen bioadsorbente de arsénico por lo cual representa una alternativa con alto potencial para su remoción del agua.

Vera *et al.* (2016), en su investigación sobre materiales sorbentes para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales mineras, muestran que estas tecnologías son prometedoras para la eliminación de metales pesados, no solo por su bajo costo, sino porque es un proceso rápido a grandes volúmenes y bajas concentraciones. En este trabajo se utilizó el bagazo de caña de azúcar, se aplicaron diferentes técnicas para determinar las propiedades físicas y químicas de los bioadsorbentes. Los resultados indicaron que el punto de carga cero para el bagazo era de 6,11 a 3,87 y la mazorca de coco 4,79.

Lazo (2015), en su trabajo de investigación se ha utilizado dos metodologías tratamiento uno físico y otro químico contando como materia prima la cáscara de coco. La carbonización y la activación se realizaron en hornos rotatorios a altas temperaturas. Utilizando el método de la activación física a alta temperatura (450 a 800 °C). Para la activación química, se utilizó el cloruro de zinc, el hidróxido de potasio, el ácido fosfórico, el ácido sulfúrico que mediante el cual se activa para ser luego calcinado en una mufla de 500 a 1000 °C. Haciendo las pruebas respectivas se obtuvieron una solución turbia de más de 1000 NTU obteniendo una filtración hasta de 2,29 NTU. Llegando a la conclusión que la investigación ha dado buenos resultados.

Para la Comisión Multisectorial para Prevención y Recuperación Ambiental de la cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes - CMLT (2014), en su boletín Estado de la calidad Ambiental de la cuenca del lago Titicaca ambito Peruano, muestra los resultados de monitoreo de calidad de recursos hídricos en cuanto a contenido de metales pesados en el agua, los cuales pasan los LMP incumpliendo los ECA agua.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

El agua es un recurso esencial para la vida, sin embargo, debido a la irresponsabilidad de las personas y a la falta de regulaciones estrictas que controlen los contenidos de los efluentes, muchas fuentes de agua acaban siendo contaminadas por muchos compuestos químicos. Estudios realizados indican que esta contaminación se ha producido en muchos ríos del Perú. Dentro de los ríos se tiene registro de contaminación de la cuenca del río Ramis por relaves mineros, el río Crucero que toma esta denominación a partir de la confluencia entre el río Grande y río Aricoma, recibe a lo largo de su recorrido aportes de vertimientos de aguas residuales producto de la minería en la zona, excediendo por encima del valor máximo de concentración ECA-Agua; lo que quiere decir que la calidad del agua se encuentra afectada por estos metales (Comisión Multisectorial para Prevención y Recuperación Ambiental de la cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes - CMLT, 2014), la concentración de plomo en las aguas del río Crucero fluctúan entre valores máximos 0,031 mg/L para el periodo 2015 y el valor máximo 0,185 mg/L para el periodo 2016, comparado con el ECA de aguas de nuestro país el valor 0,185 mg/L del punto M2 sobrepasa el límite permitido hasta en cuatro veces. (Perez, 2017). La presencia de arsénico y plomo en el ambiente es un problema para la salud pública, clasificado por la Agencia Internacional de investigación sobre el cáncer (IARC), como un agente carcinogénico para seres humanos con base en estudios epidemiológicos que relacionan la ingestión de estos metales en el agua.(Carabantes & Fernicola, 2003).

2.1.1. Descripción del Problema

La contaminación de las aguas con metales pesados como el As y Pb a causa de la minería, son problemas comunes en ríos, lagos y otras fuentes de agua para consumo humano y agricultura en todas las regiones del mundo, y nuestra región no es ajena a esta problemática, es así que requieren especial atención, ya que es uno de los problemas ambientales más graves hoy en día, el tratamiento de estos efluentes empleando adsorbentes extraídos de biomásas residuales es estudiado durante los últimos años con posibilidades para su aplicación industrial, el presente proyecto de investigación se basa en esta premisa, para lo cual realizamos las siguientes preguntas.

2.1.2. Enunciados del problema

2.1.2.1. Problema general

¿Cuál será el porcentaje de bioadsorción de metales pesados As y Pb de aguas del río Crucero – Sector Progreso empleando la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente?.

2.1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Cómo determinar la cantidad y tamaño de partícula óptimo de bioadsorbente empleado para la remoción de metales pesados As y Pb?
- ✓ ¿Cuál será la concentración final de metales pesados As y Pb en aguas del Río Crucero – Sector Progreso empleando la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente?
- ✓ ¿Cuál será el tiempo óptimo de contacto para la bioadsorción de los metales pesados As y Pb en aguas del Río Crucero – Sector Progreso?.

2.2. Justificación

A. Justificación Ambiental

Es importante hablar de la contaminación por qué tenemos que cuidar nuestro planeta y su futuro, Las diversas formas de explotación minera, transporte, molienda y beneficio constituyen una fuente de contaminación, que en ocasiones puede llegar a niveles

significativos, esto depende mucho de los métodos, minerales, volúmenes y disposición de los materiales estériles o relaves que afectan el suelo, el aire y el agua, por separado o en forma conjunta, el agua es el receptor último de todos los agentes físico-químicos que se distribuyen por el aire o sobre el suelo. En muchas ocasiones es también objeto de descargas directas de los desechos. Elementos como el Plomo, Arsenico y otros son característicos de zonas de minería artesanal.

B. Justificación Metodológica

Las tecnologías convencionales y tradicionales como precipitación, oxidación, reducción, tratamiento electroquímico, son aplicados para tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados y algunas veces resultando poco eficaces ya que utilizan tiempos de contacto prolongados, es por eso que es necesario probar metodologías alternativas entre estas técnicas disponibles hoy en día, la bioadsorción ha demostrado ser eficiente y ventajosa debido a que el material bioadsorbente; es de fácil manejo en el tratamiento.

C. Justificación Económica

Las tecnologías convencionales son costosas y a veces poco eficaces, en cambio la bioadsorción es de bajo costo ya que emplea desechos sin aplicación industrial como desechos agrícolas sin ningún valor económico, resultando así una alternativa económica y eficiente.

D. Justificación científica y tecnológica

Esta investigación se realizará con el fin de aportar a la comunidad científica y al público en general un nuevo tratamiento empleando desechos orgánicos de frutas, que permitirá disminuir la concentración de metales pesados en aguas mediante la bioadsorción, los tratamientos convencionales requieren mucho tiempo para la mejora de la calidad de aguas, en cambio este tratamiento reduce tiempos para descontaminar las aguas que contienen metales pesados. Los tratamientos convencionales generan muchos desechos secundarios, los cuales van a contaminar nuevos sectores, por lo tanto, la bioadsorción es una muy buena alternativa que se podría probar en nuestra zona.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Determinar el porcentaje de bioadsorción de As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso empleando la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente.

2.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la cantidad y tamaño de partícula óptimo de bioadsorbente para la remoción de metales pesados As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso empleando cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente.
- ✓ Determinar la concentración final de metales pesados As y Pb en aguas del Rio Crucero – Sector Progreso empleando la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente.
- ✓ Determinar el tiempo óptimo de contacto para la bioadsorción de los metales pesados As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) empleado como bioadsorbente para la remoción de As y Pb de aguas del rio Crucero – Sector Progreso tiene una alta capacidad de bioadsorción, por lo cual se logrará remover los metales pesados para mejorar la calidad del agua de dicho sector.

2.4.2. Hipótesis específicas

- ✓ La cantidad y el tamaño de partícula de bioadsorbente empleado para la remoción de metales pesados disminuyen la concentración de As y Pb en aguas del rio Crucero – Sector Progres al incrementar la cantidad y disminuir el tamaño de partícula así logrando cumplir con los estándares de calidad.
- ✓ La concentración de As y Pb en aguas del Rio Crucero disminuyen considerablemente, de acuerdo a las pruebas experimentales y con los



parámetros más óptimos de bioadsorción llegando de esta forma a cumplir con los estándares de calidad de aguas.

- ✓ A medida que aumenta el tiempo de contacto del agua de Rio con la cascara de platano, la bioadsorción de As y Pb también se incrementa, llegando a tener así un tiempo óptimo para la bioadsorción de acuerdo a los demás parámetros estudiados.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El estudio se realiza con muestras de agua provenientes del Rio Crucero – Sector Progreso del distrito de Asillo, provincia de Azángaro, departamento de Puno, región de Puno-Perú, exactamente entre la bocatoma de la irrigación Progreso y el puente aguas arriba y aguas abajo del poblado de progreso, lugar donde se hizo la toma de muestras, y la materia prima para la bioadsorción (cascaras de plátano) se recolecto en los puestos de Jugo de los Mercados de la ciudad de Puno.

La parte experimental de la investigación, preparación de bioadsorbente y el proceso de bioadsorción se llevó a cabo en el laboratorio Investigación de la Facultad de Ingeniería Química y el laboratorio de suelos y agua de la Facultad de ciencias Agrarias de la UNA Puno. Ubicado en la ciudad universitaria.

3.1.1. Ubicación

Localización del punto de muestreo

a) Ubicación Política

País: Perú

Región : Puno

Provincia: Azángaro

Distrito: Asillo.

b) Ubicación Geográfica

Las tomas de muestra se realizaron entre las siguientes coordenadas UTM

PUNTO	ESTENORTE	ALTITUD	
C-1	353532,00	8376508,00	3911 msnm
C-2	353832,00	8376096,00	3911 msnm
C-3	354693,00	8375663,00	3912 msnm

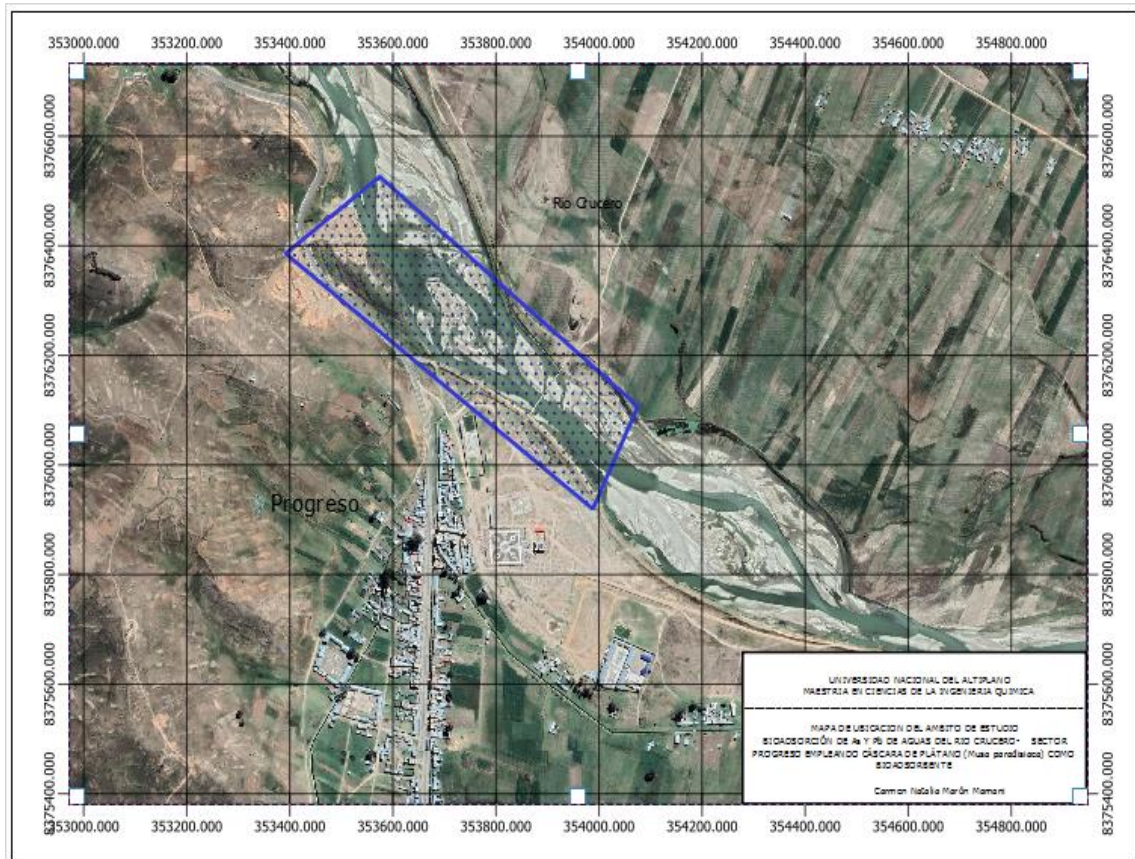


Figura 4. Ubicación satelital del ámbito de estudio (Rio Crucero – Sector Progreso).

Fuente: (Google Earth 2019).

Localización del lugar de investigación

c) Ubicación Política

País: Perú

Región : Puno

Provincia: Puno

Distrito: Puno

d) Ubicación Geográfica

Las pruebas experimentales en el laboratorio de suelos y agua se realizaron entre las siguientes coordenadas UTM

PUNTO	ESTENORTE	ALTITUD
C-1	390850,55	8250428,60 3844 msnm

Las pruebas experimentales en el laboratorio de investigación se realizaron entre las siguientes coordenadas UTM

PUNTO	ESTENORTE	ALTITUD
C- 2	390935,22	8250392,32 3844 msnm



Figura 5. Ubicación satelital del laboratorio de investigación UNA – PUNO.

Fuente: (Google Earth 2019).

3.2. Población

La población estuvo orientado al tratamiento de aguas contaminadas del Rio Crucero – Sector Progreso (Aguas contaminadas por metales pesados, en base a datos e información obtenida de datos de monitoreo (Comisión Multisectorial para Prevención y

Recuperación Ambiental de la cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes - CMLT, 2014) y puestos de Jugo de los mercados de la ciudad de Puno (generación de residuos orgánicos, cascara de plátano).

3.3. Muestra

Se realizó el tipo de muestreo probabilístico aleatorio simple (al azar), el cual se realizó con bastante cuidado teniendo en cuenta los protocolos correspondientes para evitar toda contaminación accidental. El muestreo se realizó en zonas de máximo caudal evitando la remoción de sedimentos, la toma de muestra se realizó en recipientes de polietileno, se tomó la cantidad de 6 L de agua del cauce del Rio Crucero - Sector Progreso, de acuerdo al protocolo de muestreo, (Digesa, 2009), y trasladadas en un Cooler a la temperatura apropiada con el objeto de evitar cualquier alteración química hasta su respectivo análisis y tratamiento. Las cascara de plátano fueron recolectadas manualmente de los diferentes puestos de jugos de los diferentes mercados de la ciudad de Puno las cuales fueron almacenadas y posteriormente tratadas.



Figura 6. Toma de muestras de agua en el Rio Crucero

3.4. Método de Investigación

La investigación se basa en un enfoque cuantitativo, de tipo experimental, (Hernandez, *et al.* 2010), a escala de laboratorio, las investigaciones experimentales se caracterizan

porque los resultados son reales y recogen los datos como se presentan en realidad, se analizan cada variable para encontrar el máximo valor de remoción de Arsénico y Plomo.

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1. Variables a ser analizadas.

De acuerdo a los objetivos planteados se evaluaron las siguientes variables:

Tabla 9

Variables Analizadas

Variables dependientes	Dimensión	Indicador
Porcentaje de Bioadsorción de As y Pb	Concentración de As y Pb al inicio y final de la bioadsorción	Ppm % de Remoción
Variable independiente	Dimensión	Indicador
Cantidad y tamaño de partícula óptimo de bioadsorbente para la remoción de metales pesados As y Pb	(ICP OES)	Ppm
	Cantidad de bioadsorbente	Gramos
	Tamaño de partícula	Micrones (μ)
	Tiempo de contacto	Minutos
Concentración de As y Pb al final del proceso de bioadsorción en aguas del Rio Crucero - Sector Progreso	Análisis experimental	Concentraciones en ppm de As y Pb
Tiempo óptimo de contacto para la bioadsorción de los metales pesados As y Pb	Análisis experimental	Tiempo de contacto en minutos (min)
Variable interviniente	Dimensión	Indicador
	pH	Escala 0-14
	Temperatura	°C
	Velocidad de Agitación	rpm

3.5.2. Diseño experimental de bioadsorción.

El diseño de la investigación describe situaciones que se observan y definen el tratamiento que resulte estadísticamente significativo, aplicado a la bioadsorción de los metales pesados (As y Pb) por parte del carbón activado obtenido de la cáscara de plátano a diferentes granulometrías. (R. Hernández, Fernández, & Baptista, 2010). Para el caso de estudio, se utilizó un diseño factorial 2^3 , donde se evaluaron los factores: X1(cantidad de bioadsorbente), X2(, tamaño de partícula), X3(tiempo de contacto). El diseño se realizó con un punto central.

Tabla 10

Variación De Parámetros

Variables	Niveles	
	Bajo	Alto
X1 (cantidad de bioadsorbente) g/L	-	+
X2 (tamaño de partícula) μm	-	+
X3 (Tiempo de contacto) min	-	+

Tabla 11

Matriz del Diseño factorial 2^3

N° Tratamientos	Combinaciones	Factores		
		A Cantidad Bioadsorbente (g)	B Tamaño Partícula (μm)	C Tiempo Contacto (min)
1	(1)	-	-	-
2	a	+	-	-
3	b	-	+	-
4	ab	+	+	-
5	c	-	-	+
6	ac	+	-	+
7	bc	-	+	+
8	abc	+	+	+

Las variables de mayor influencia hacia determinadas respuestas, son consideradas en esta evaluación, para obtener la máxima bioadsorción de Arsénico y Plomo.

3.5.3. Materiales, Equipos, Instrumentos e Insumos

✓ Equipos.

Los equipos utilizados son específicos para cada trabajo a realizar, en cada laboratorio y por objetivo específico, para ello se contó con termómetros, secadora/ estufa eléctrica marca (THELCO PRECISION SCIENTIFIC MODELO 17), mufla eléctrica, multiparámetro marca (THERMO SCIENTIFIC ORION STAR A211), Juego de Tamices, (TYLER ASTM) : malla # 20 (850 μ m), malla #18 (1mm), malla #16 (1.18mm), balanza analítica (A&D HR-250) capacidad de 220g, agitador magnético (IKA C-MAG HS10 digital), espectrofotometro de emisión óptica de plasma (ICP OES).

✓ Materiales

Los materiales que se utilizaron fue: una libreta de notas, Papel filtro WHATMAN N° 42, Matraz aforado de 500 mL, Vaso de precipitados de 250, 400, 1000 mL, Crisoles de porcelana, pinzas, morteros de porcelana, Lunas de reloj, Probeta graduada de 100 mL, Matraces Erlenmeyer: 50, 100, 250 mL, Fiolas de 100, 200 ml, soporte universal, Bureta graduada de 50 mL, Pipetas: 1, 5, 10 y 25 mL, Propipetas., espátulas, Embudos, Pissetas de agua destilada, cronometro, envases de polietileno de 1 galón, frascos de polietileno de 1000 y 300 ml .

✓ Reactivos e Insumos

Cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*), Muestra de agua, Ácido nítrico (HNO_3), Ácido fosfórico (H_3PO_4), Agua des ionizada, Agua destilada, todos los reactivos utilizados fueron de grado analítico.

3.5.4. Parte experimental

Para el cumplimiento de los diferentes objetivos específicos primeramente se realizó la elaboración del bioadsorbente (carbón activado) a partir de la cascara de platano y posteriormente se realizó la toma de muestra del agua del Rio Crucero.

3.5.4.1. Procedimiento para la elaboración del carbón activado a partir de la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente.

Para la realización del proceso de bioadsorción de metales pesados As y Pb, empleando la cascara de platano como bioadsorbente, primeramente, se realizó la elaboración del bioadsorbente a partir de la cascara de platano, el cual comprendido varias etapas, las cuales se basan en etapas definidas, que han sido estudiadas, ejecutadas y que se describen cada una de ellas a continuación:

- A. Recolección: La materia prima para la elaboración del bioadsorbente fue la cascara de platano, la cual fue recolectada en cantidad suficiente de los diferentes puestos de jugo de los mercados de la ciudad de Puno, en diferentes días, en total se recolecto 5470g de cascara de platano.
- B. Selección: En la selección se tomaron aquellas cascara de platano en optimo estado para evitar su rápida descomposición y garantizar una operación de secado en condiciones óptimas, una vez seleccionadas la cascara en buen estado cantidad obtenida para, pasar al proceso de secado fue de 5271,692 g.



Figura 7. Selección de la materia prima empleada para la elaboración del carbón

- C. Limpieza: las cascara se sometieron a un lavado con abundante agua destilada con el fin de eliminar impurezas y partículas adheridas a ellas.



Figura 8. Limpieza de la materia prima empleada para la elaboración del carbón

D. Secado: una vez limpias las cascaras de platano fueron sometidos a secado en una estufa a 60°C por 72 horas.



Figura 9. Cascara de platano para la elaboración del carbón.

- **Procedimiento para la determinación de la humedad**

Este procedimiento se llevó a cabo en bandejas, primeramente, se precalentó la estufa, dejando las muestras por 72 horas a 60°C, hasta peso constante.

El contenido de humedad en base seca se determinó de acuerdo a la ecuación (Hernández *et al.* 2017).

$$H \% = \frac{(m_h - m_s)}{m_h} * 100 \quad (10)$$

Donde:

H = contenido de humedad %

m_h = masa de la muestra húmeda g.

m_s = masa de la muestra seca g.

Reemplazando valores en la ecuación anterior tenemos que:

$$H \% = 87,172 \%$$

Tabla 12

Porcentaje de humedad de la cascara de platano

Bioadsorbente	Peso inicial (g)	Peso final g (g)	% de Humedad
Cascara de platano	5271,692	676,253	87,172

E. Molienda: posteriormente la materia orgánica seca (cascara de platano). fue sometido a trituración en un mortero con el fin de obtener tamaños homogéneos y aumentar la eficiencia de bioadsorción.



Figura 10. Molienda de la cascara de platano

- F. clasificación por tamaños: para la clasificación granulométrica de la cascara de platano, y con el fin de obtener partículas homogéneas, se utilizó una serie de tamices con el siguiente tamaño: malla # 20 (850 μ m), malla #18 (1mm), malla #16 (1,18mm), según la norma ASTM respectivamente.



Figura 11. Tamizado de la cascara de platano

3.5.4.2. Elaboración y Activación de la cascara de plátano

Las cascara de plátano una vez trituradas y clasificadas según granulometría, fueron almacenadas y posteriormente tratadas para la activación con ácido fosfórico, (H_3PO_4).



Figura 12. Clasificación según granulometría de la cascara de platano

El material bioadsorbente que fue tamizado en mallas números 20, 18, 16, para seleccionar sus rangos en los que fueron escogidos, y donde los resultados son más beneficiosos en cuanto a eficiencia de remoción, (Liu, Ngo, Guo, & Tung, 2012). Fueron modificados químicamente (activación del carbón), para ello se utilizó como agente oxidante el ácido fosfórico H_3PO_4 .(Sun-kou, Obregón, Pinedo, Paredes, & Aylas, 2014), la impregnación se realizó con una razón de 1:2g de H_3PO_4 / g de material bioadsorbente) por un tiempo de 24 horas, posteriormente se lavó con agua destilada.



Figura 13. Impregnación con H_3PO_4

luego se llevó a secado, para posteriormente entrar a calcinación a temperatura de $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, la muestra carbonizada se enfrió a temperatura ambiente, nuevamente se procedió a lavar para eliminar cualquier producto residual hasta alcanzar un pH de 6, finalmente el carbón se hizo secar a una temperatura de 60°C por 24 horas, para posteriormente quedar listo para el proceso de bioadsorción.

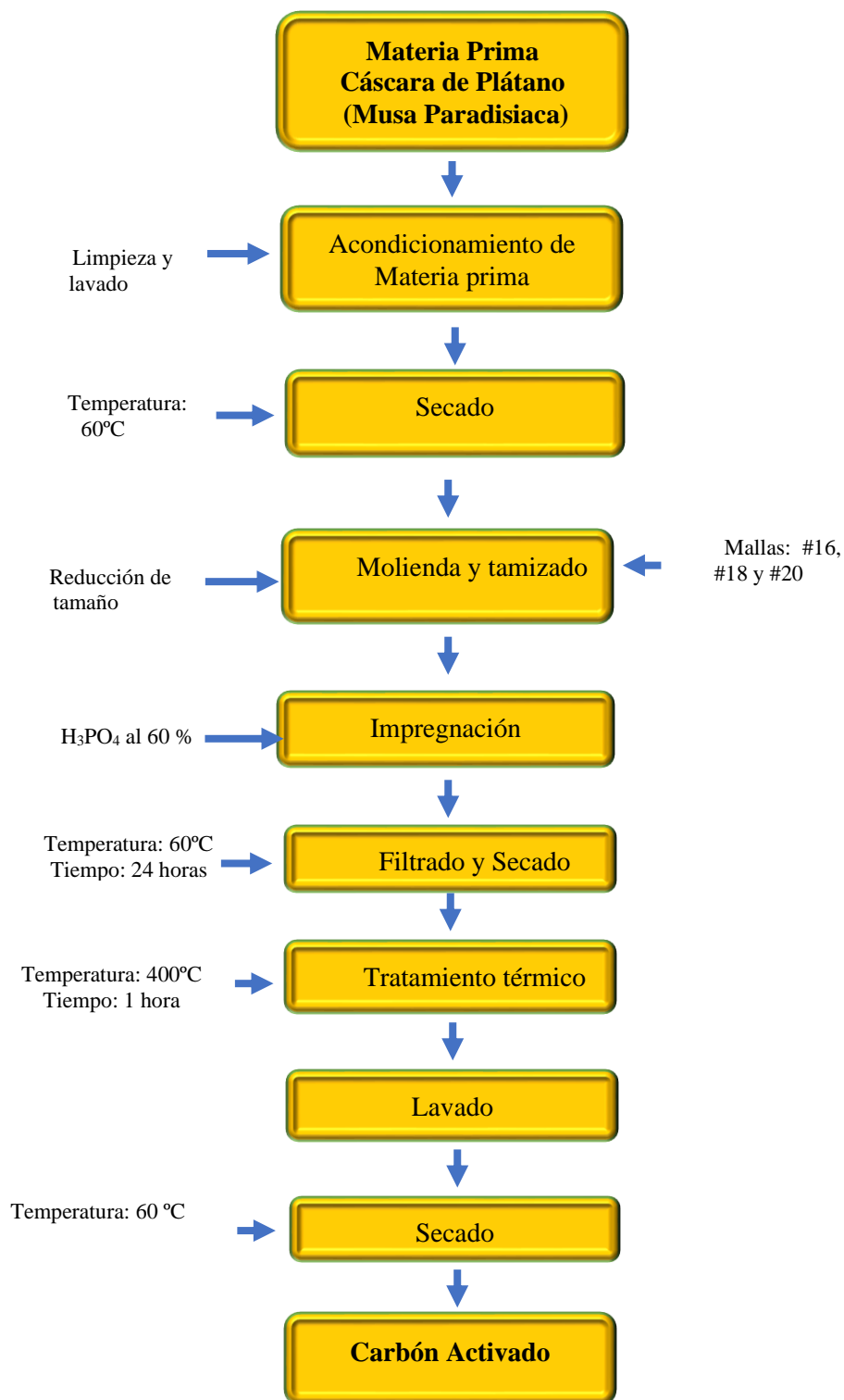


Figura 14. Diagrama de flujo elaboración del carbón activado a partir de la cascara de platano

3.5.4.3. Toma de muestra del Rio Crucero - Sector Progreso para la prueba experimental.

Se tomó la cantidad de 6 L de agua del cauce del Rio Crucero - Sector Progreso, de acuerdo al protocolo de muestreo, (Digesa, 2009), el cual fue trasladado en un Cooler a la temperatura apropiada con el objeto de evitar cualquier tipo de contaminación, y posteriormente se realizó los análisis fisicoquímicos respectivos, mostrado en la tabla siguiente:

Tabla 13

Análisis fisicoquímico de la muestra de agua del Rio Crucero

Parámetros	Resultados
pH	6,9
Conductividad (uS)	142
Temperatura	16 °C
As (mg/L)	0,0270
Ag (mg/L)	0,0090
Al (mg/L)	0,441
Ba (mg/L)	0,2404
Ca (mg/L)	72,2
Cd (mg/L)	<0,00011
Cr (mg/L)	0,3736
Cu (mg/L)	0,0838
Fe (mg/L)	2,91
K (mg/L)	1,13
Li (mg/L)	0,107
Mg (mg/L)	14,75
Mn (mg/L)	0,12
Ni (mg/L)	0,0153
P (mg/L)	210,0
Pb (mg/L)	1,806

3.5.5. Determinación de la cantidad y tamaño de partícula óptimo de bioadsorbente para la remoción de metales pesados As y Pb de aguas del Río Crucero- Sector Progreso empleando cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente.

Para alcanzar este objetivo, se realizó la parte experimental con las aguas del río crucero y el carbón activado obtenido de la cascara de platano. El experimento consistió en aplicar un sistema batch al proceso de bioadsorción de As y Pb, este método determina las condiciones de operación óptimas de cantidad de muestra y tamaño de partícula para el tratamiento, el cual consistió en adicionar diferentes cantidades de carbón activado (2 y 4 gramos), en un beaker de 1000 ml a diferentes tamaños de partícula (malla # 20 (0,850 mm), malla #16 (1,180 mm)). Cada experimento se desarrolló con la muestra de agua del Río Crucero a una concentración inicial C_i de As y Pb.



Figura 15. Sistema batch, proceso de bioadsorción de As y Pb

Todas las muestras tratadas y filtradas se recolectaron en envases de polietileno de alta densidad, y se enviaron a los laboratorios debidamente refrigerados para su posterior análisis con (ICP OES). Estos análisis se realizaron en los laboratorios especializados de la Región Puno y Arequipa: análisis de plomo mediante método por Absorción Atómica, límite de detección 0,0010 mg / L, Análisis de arsénico, utilizando el método de ensayo EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP – OES, Revisión 4.4 arsénico, (Método de Ensayo Acreditado), Código 796, Rango (0,0012 -50 mg7L).

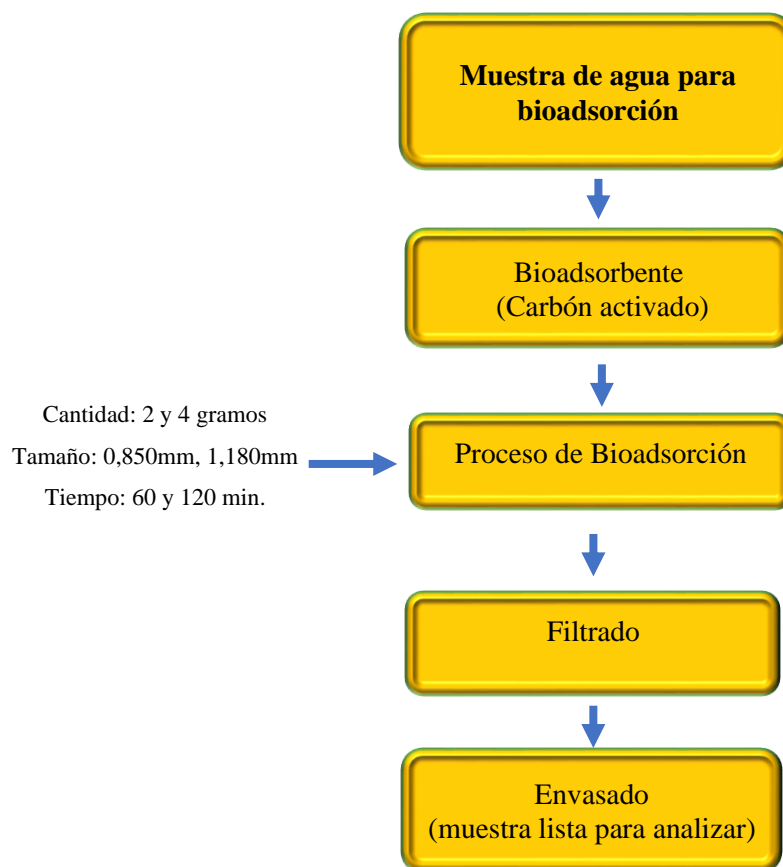


Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de bioadsorción

Para dicha experimentación presentamos la variación de los parámetros correspondientes.

Tabla 14

Variación de Parámetros

Variables	Niveles	
	Bajo	Alto
X1 (cantidad de bioadsorbente) g/L	2	4
X2 (tamaño de partícula) µm	1,180	0,850
X3 (Tiempo de contacto) min	60	120

Tabla 15

Matriz del Diseño factorial para la Bioadsorción de Arsénico y Plomo

N° de Tratamientos	variables		
	A Cantidad Bioadsorbente (g)	B Tamaño Partícula (mm)	C Tiempo Contacto (min)
1	2	0,85	60
2	4	0,85	60
3	2	1,180	60
4	4	1,180	60
5	2	0,85	120
6	4	0,85	120
7	2	1,180	120
8	4	1,180	120
9	3	1,000	90
10	3	1,000	90

Las variables de mayor influencia hacia determinadas respuestas, son consideradas en esta evaluación, para obtener la bioadsorción de Arsénico y Plomo.

3.5.6. Determinación de la concentración final de metales pesados As y Pb en aguas del Rio Crucero – Sector Progreso empleando la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente.

Para alcanzar este objetivo, una vez realizada la parte experimental de bioadsorción, también se realizó la determinación de la concentración final de metales pesados As y Pb en aguas del Rio Crucero – Sector Progreso empleando la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente.

Las pruebas de bioadsorción de As y Pb con carbón activado obtenido a partir de la cascara de platano, se realizaron a escala de laboratorio a través de sistema en lotes (sistema batch), para lo cual se utilizó un agitador magnético, con muestras de agua de mayor concentración 0,0058 mg/L de Arsénico y 1,018 mg/L de Plomo, para un pH de 6,5 la muestra de agua contaminada se pondrá en contacto con el bioadsorbente.

Se tomaron 6 litros de muestras de agua de la cual se tomaron alícuotas para la determinación de la concentraciones de As, Pb al inicio, luego se dividieron en muestras de 300ml cada una para la realización del proceso de bioadsorción, a iniciar las pruebas de bioadsorción primeramente se colocaron el magneto dentro del vaso y agregar la muestra de agua a ser tratada, el tratamiento consistió en agregar 2g y 4g de cáscara de plátano tratada de diferentes granulometrías a 300ml de cada muestra de agua, esta se colocó en un vaso de precipitados de 1000 ml de capacidad, el tiempo de tratamiento del agua contaminada con As y Pb en contacto con la cáscara de plátano fue de 60 min. y 120 min.

Los análisis se realizaron en un equipo de espectrometría de emisión atómica de plasma acoplada inductivamente (ICP-OES), el cual nos proporcionó los resultados correspondientes a cada uno de los experimentos realizados, con dichos datos determinamos la concentración y el porcentaje remoción tanto para el As como para el Pb, y mediante la ecuación para determinar la capacidad de bioadsorción, ecuación (01) (Hernández & Triviño, 2016), realizamos el cálculo correspondiente.

$$q = \frac{V * (c_i - c_f)}{w}$$

Donde:

q = capacidad de adsorción (mg/g)

C_i = concentración inicial del adsorbato (mg/l)

C_f = concentración final del adsorbato (mg/l)

V = Volumen de la solución (L)

W = peso de adsorbente usado (g)

Tabla 16

Resultados de concentración inicial y final para el Arsénico

Nº	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
1	0,0058	0,0055
2	0,0058	0,0019
3	0,0058	0,0051
4	0,0058	0,0054
5	0,0058	0,0050
6	0,0058	0,0027
7	0,0058	0,0048
8	0,0058	0,0046
9	0,0058	0,0048
10	0,0058	0,0047

Tabla 17

Resultados de concentración inicial y final para el Plomo

Nº	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
1	1,018	0,384
2	1,018	0,074
3	1,018	0,137
4	1,018	0,225
5	1,018	0,167
6	1,018	0,010
7	1,018	0,051
8	1,018	0,019
9	1,018	0,010
10	1,018	0,136

3.5.7. Determinación del tiempo óptimo de contacto para la bioadsorción de los metales pesados As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso

Para alcanzar el objetivo de la determinación del tiempo óptimo, la metodología experimental consistió en aplicar diferentes tiempos al proceso, junto con la cantidad de muestra y tamaño de partícula del bioadsorbente. Cada experimento se desarrolló con la muestra de agua del Rio Crucero tomando en cuenta las variaciones de cantidad de bioadsorbente, tamaño de partícula y tiempo. Al finalizar cada experimento se presenta con diferentes tiempos para la bioadsorción de As y Pb. De acuerdo a los resultados, obtendremos el mejor tiempo de bioadsorción. Para dicha experimentación presentamos una variación de datos, de acuerdo a la tabla (15) mostrado anteriormente junto a los resultados proporcionados por los laboratorios.

Tabla 18

Resultados de capacidad y porcentaje de bioadsorción para el Arsénico

N°	Variables			Concentración		Variable Respuesta	
	A Cantidad (g)	B Tamaño (mm)	C Tiempo (min)	Inicial mg/L	Final mg/L	Capacidad de Bioadsorción mg/g	% Bioadsorción
1	2	0,85	60	0,0058	0,0055	0,000045	5,172
2	4	0,85	60	0,0058	0,0019	0,000292	67,241
3	2	1,180	60	0,0058	0,0051	0,000105	12,069
4	4	1,180	60	0,0058	0,0054	0,000030	6,897
5	2	0,85	120	0,0058	0,0050	0,000120	13,793
6	4	0,85	120	0,0058	0,0027	0,000232	53,448
7	2	1,180	120	0,0058	0,0048	0,000150	17,241
8	4	1,180	120	0,0058	0,0046	0,000090	20,690
9	3	1,000	90	0,0058	0,0048	0,000100	17,241
10	3	1,000	90	0,0058	0,0047	0,000110	18,966

Tabla 19

Resultados de capacidad y porcentaje de bioadsorción para el Plomo

N°	Variables			Concentración		Variable Respuesta	
	A Cantidad (g)	B Tamaño (mm)	C Tiempo (min)	Inicial mg/L	Final mg/L	Capacidad de Bioadsorción mg/g	% Bioadsorción
1	2	0,85	60	1,018	0,384	0,0951000	62,279
2	4	0,85	60	1,018	0,074	0,0708000	92,731
3	2	1,180	60	1,018	0,137	0,1321500	86,542
4	4	1,180	60	1,018	0,225	0,0594750	77,898
5	2	0,85	120	1,018	0,167	0,1276500	83,595
6	4	0,85	120	1,018	0,010	0,0756000	99,018
7	2	1,180	120	1,018	0,051	0,1450500	94,990
8	4	1,180	120	1,018	0,019	0,0749250	98,134
9	3	1,000	90	1,018	0,010	0,1008000	99,018
10	3	1,000	90	1,018	0,136	0,0882000	86,640

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo detallamos los resultados obtenidos a partir de la metodología propuesta para cada objetivo específico, donde la parte experimental se realizó en un sistema batch variando los parámetros de cantidad de muestra, tamaño de partícula y tiempo de contacto. La obtención del carbón activado a partir de la cascara de platano (*Musa paradisiaca*) y las diferentes pruebas experimentales se realizaron en el laboratorio de suelos y agua de la Facultad de ciencias Agrarias de la UNA Puno, y en el laboratorio Investigación de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA – Puno, ambos ubicados en la ciudad universitaria, los análisis de concentración de Plomo en aguas del río crucero, fueron realizados en los laboratorios RHLAB S.A.C de nuestra región de Puno y los análisis de concentración de Arsénico fueron realizados en el laboratorio Analíticos del Sur ubicado en el parque industrial de río seco en la ciudad de Arequipa.

Una vez realizado la obtención del bioadsorbente (Carbón activado) a partir de la cascara de platano, realizamos las diferentes pruebas con las muestras de agua del Río Crucero para obtener resultados para cada objetivo específico.

4.1. Determinación de la cantidad y tamaño de partícula óptimo de bioadsorbente para la remoción de metales pesados As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso empleando cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente.

Tabla 20

Resultados Bioadsorción de Arsénico

N°	Variables			Capacidad de Bioadsorción (mg/g)	% Bioadsorción
	Cantidad (g)	Tamaño (mm)	Tiempo (min)		
1	2	0,85	60	0,0000450	5,172
2	4	0,85	60	0,0002925	67,241
3	2	1,180	60	0,0001050	12,069
4	4	1,180	60	0,0000300	6,897
5	2	0,85	120	0,0001200	13,793
6	4	0,85	120	0,0002325	53,448
7	2	1,180	120	0,0001500	17,241
8	4	1,180	120	0,0000900	20,690
9	3	1,000	90	0,0001000	17,241
10	3	1,000	90	0,0001100	18,966

Tabla 21

Resultados Bioadsorción de Plomo

N°	Variables			Capacidad de Bioadsorción (mg/g)	% Bioadsorción
	Cantidad (g)	Tamaño (mm)	Tiempo (min)		
1	2	0,85	60	0,0951000	62,279
2	4	0,85	60	0,0708000	92,731
3	2	1,180	60	0,1321500	86,542
4	4	1,180	60	0,0594750	77,898
5	2	0,85	120	0,1276500	83,595
6	4	0,85	120	0,0756000	99,018
7	2	1,180	120	0,1450500	94,990
8	4	1,180	120	0,0749250	98,134
9	3	1,000	90	0,1008000	99,018
10	3	1,000	90	0,0882000	86,640

De acuerdo a los resultados de bioadsorción de Arsénico de la tabla 20, se observa que el tratamiento 2, muestra el mayor porcentaje de bioadsorción del 67,241%, teniendo como valores máximos de cantidad de bioadsorbente de 4 gramos y el tamaño de partícula 0,85mm, como máximos valores.

En la tabla 21 también observamos que el mayor porcentaje de bioadsorción para el Plomo en el tratamiento número 6 que presenta un porcentaje de bioadsorción de 99,018% para una cantidad de bioadsorbente de 4 gramos y un tamaño de partícula de 0,850 mm.

Con los resultados obtenidos podemos determinar que los valores de los parámetros antes mencionados son los óptimo para la remoción del metal pesado As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso, ya que presentan resultados favorables y contrastando con resultados de investigaciones sobre el uso de biomasa seca de cascara de platano como bioadsorbente según (Ccencho, 2018) menciona que la máxima remocion de metales pesados se obtiene a valores óptimos de 5/0,5L de dosis y malla -18/0,5L, a una velocidad entre 150 y 30 RPM, tiempo de residencia de 18 h, de la misma forma realizando investigaciones con polvo de Musa paradisíaca, a tiempos de contacto de 1 h y 2 h y a mallas de 600 y 420, dan como resultado 97,81 % de extracción, para condiciones de 5 g, 2 h y en malla N° 30 (Baca, 2018), utilizando combinaciones para adsorción de fosfato y cromato, en los ensayos de equilibrio se encontraron que la dolomita es selectiva para la adsorción de fosfato y la cáscara de plátano para el cromato, produciendo remociones de 99% de fosfato y 70% de cromato Piol *et al.* (2021), los resultados obtenidos muestran que para cantidades mayores y tamaños de partícula menores se obtiene resultados favorables en bioadsorción de metales pesados.

4.2. Determinación de la concentración final de metales pesados As y Pb en aguas del Rio Crucero – Sector Progreso empleando la cáscara de plátano (*Musa paradisíaca*) como bioadsorbente.

Los resultados para este objetivo se lograron con los diferentes análisis de las pruebas experimentales realizadas en los laboratorios.

Tabla 22

Concentración inicial y final de As y Pb

Nº	Arsénico ppm		Plomo ppm	
	Inicial	Final	Inicial	Final
1	0,0058	0,0055	1,018	0,384
2	0,0058	0,0019	1,018	0,074
3	0,0058	0,0051	1,018	0,137
4	0,0058	0,0054	1,018	0,225
5	0,0058	0,0050	1,018	0,167
6	0,0058	0,0027	1,018	0,010
7	0,0058	0,0048	1,018	0,051
8	0,0058	0,0046	1,018	0,019
9	0,0058	0,0048	1,018	0,010
10	0,0058	0,0047	1,018	0,136

De acuerdo a la tabla 22 la concentración final tanto de Arsénico como la de Plomo llegaron a ser de 0,0019 ppm para el Arsénico y 0,010 para el Plomo, llegando a ser estos valores aceptables para riego de vegetales, bebida de animales, conservación del ambiente acuático, poblacional y recreacional según los estándares de Calidad Ambiental ECA para Agua requeridos frecuentemente en esa zona, estos resultados obtenidos son menores a 0,01ppm para Arsénico y 0,01 ppm para plomo, los cuales son requeridos en los ECA para agua (MINAM, 2017).

4.3. Resultados para la determinación del tiempo óptimo de contacto para la bioadsorción de los metales pesados As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso.

De acuerdo a las tablas 20 y 21 resultados de tiempo óptimos para la bioadsorción de As y Pb. Fue en los tratamientos N° 2 para el Arsénico para una cantidad de muestra de 4 gramos, tamaño de partícula de 0,850 mm y el tiempo óptimo de 60 minutos y para el Plomo el tratamiento N° 6 con una cantidad de muestra de 4 gramos, tamaño de partícula de 0,850 mm y el tiempo óptimo de 120 minutos, logrando una bioadsorción máxima de 67,241 % para el Arsénico y de 99,018% para el Plomo, resultando favorable en comparación con otros estudios en los cuales emplean mayor tiempo para la bioadsorción tal es el caso de la evaluación de la capacidad de bioadsorción de Pb (II) y Cr (VI) por la

cáscara de banano maduro que muestra como resultado un porcentaje máximo de bioadsorción de 80 % para el plomo en un tiempo de retención de 48 horas (Castro, 2015).

4.4. Porcentaje de bioadsorción

El porcentaje de bioadsorción de As y Pb de aguas del Rio Crucero- Sector Progreso empleando la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) como bioadsorbente se determinó de acuerdo a los resultados obtenidos en cada prueba experimental los cuales se obtuvieron con los resultados de las lecturas del espectrofotómetro de absorción atómica y espectrofotómetro de emisión óptica de plasma (ICP OES) dándonos como resultados las concentraciones de As y Pb antes y después de la bioadsorción, datos proporcionados por los laboratorios respectivos a los cuales se enviaron las muestras tratadas, aplicando la ecuación (1), y el porcentaje de bioadsorción para cada tratamiento se calcula con la ecuación (2) los resultado para cada experimento se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 23

Resultados porcentaje de bioadsorción de Arsénico

Nº	Concentración inicial ppm	Concentración final Ppm	% Bioadsorción
1	0,0058	0,0055	5,172
2	0,0058	0,0019	67,241
3	0,0058	0,0051	12,069
4	0,0058	0,0054	6,897
5	0,0058	0,0050	13,793
6	0,0058	0,0027	53,448
7	0,0058	0,0048	17,241
8	0,0058	0,0046	20,690
9	0,0058	0,0048	17,241
10	0,0058	0,0047	18,966

Se logró un porcentaje de bioadsorción máxima en el tratamiento (2) correspondiente a 67,241%, según se muestra en la tabla de resultados para el Arsénico, este máximo valor se logró utilizando 4 gramos de bioadsorbente, tamaño de partícula de 0,85 mm y a un tiempo de 1 hora.

Tabla 24

Resultados porcentaje de bioadsorción de Plomo

Nº	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final Ppm (mg/L)	% Bioadsorción
1	1,018	0,384	62,279
2	1,018	0,074	92,731
3	1,018	0,137	86,542
4	1,018	0,225	77,898
5	1,018	0,167	83,595
6	1,018	0,010	99,018
7	1,018	0,051	94,990
8	1,018	0,019	98,134
9	1,018	0,010	99,018
10	1,018	0,136	86,640

En el tratamiento N° 6 se logró un porcentaje de bioadsorción máxima de 99.018%, al igual que para el tratamiento N° 9, para ambos tratamientos, según se muestra la tabla de resultados de para el Plomo, este máximo valor se logró utilizando 4 gramos de bioadsorbente, un tamaño de partícula de 1.18 mm y a un tiempo de 2 hora.

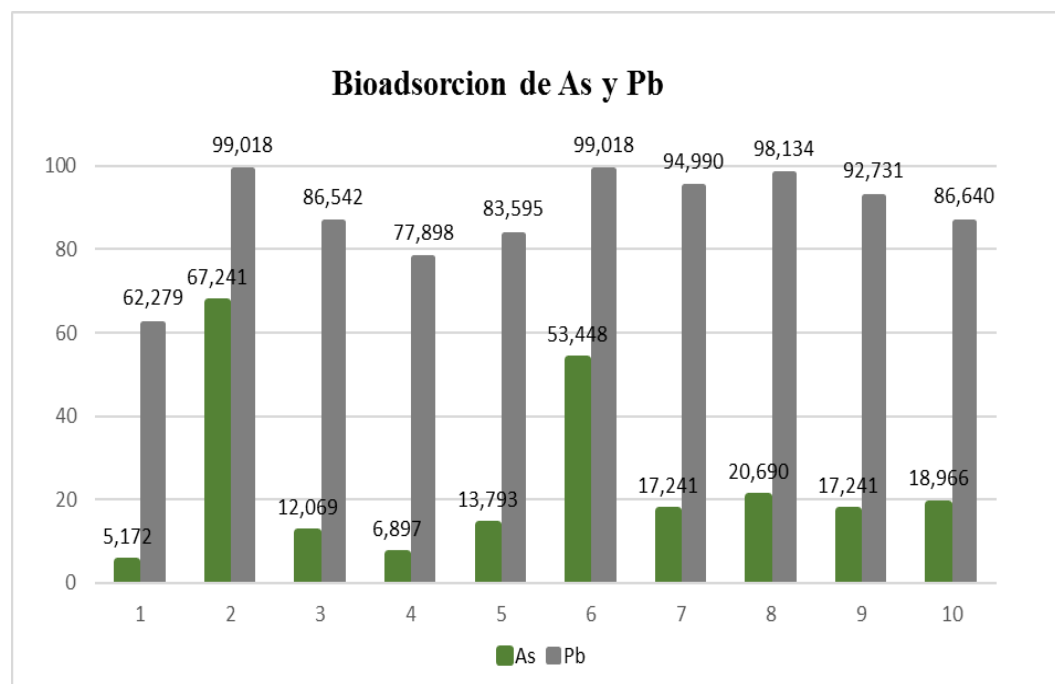


Figura 17. Porcentaje de bioadsorción de As y Pb.

La figura muestra los porcentajes de bioadsorción de As y Pb luego del proceso de alcanzando un máximo de 67, 241 para el As y 99,018% para el Pb respectivamente

4.5. Proceso prueba Hipótesis.

Para el procesamiento de la prueba hipótesis, se tuvo en cuenta el diseño factorial empleado, a partir de los datos y resultados obtenidos en las diferentes pruebas experimentales como se muestra en la siguiente tabla: y utilizando el Software MINITAB VERSION 18.

4.5.1. Análisis de hipótesis para bioadsorción de Arsénico (As).

Regresión factorial: % vs. Cantidad de Muestra; Tamaño; tiempo de Contacto.

Tabla 25

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	3751,49	468,94	315,50	0,044
Lineal	3	2129,90	709,97	477,67	0,034
Cantidad	1	1250,00	1250,00	841,00	0,022
Tamaño	1	856,12	856,12	576,00	0,027
Tiempo	1	23,78	23,78	16,00	0,156
Interacciones de 2 términos	3	1434,30	478,10	321,67	0,041
Cantidad*Tamaño	1	1337,69	1337,69	900,00	0,021
Cantidad*Tiempo	1	23,78	23,78	16,00	0,156
Tamaño*Tiempo	1	72,83	72,83	49,00	0,090
Interacciones de 3 términos	1	120,39	120,39	81,00	0,070
Cantidad*Tamaño*Tiempo	1	120,39	120,39	81,00	0,070
Curvatura	1	66,88	66,88	45,00	0,094
Error	1	1,49	1,49		
Total	9	3752,97			

Tabla 26

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,21915	99,96%	99,64%	*

Los resultados para los parámetros independientes de cantidad de muestra y tamaño de partícula en la prueba estadística obtuvieron un valor de P de 0,022 y 0,027, siendo estos resultados menores al valor de significancia de 0,05, por lo tanto, se rechaza la Hipótesis nula, y se concluye que hay efecto de algún nivel en la cantidad de bioadsorbente y tamaño de partícula, en la bioadsorción de arsénico en las aguas del río crucero, en el sector progreso.

Para el caso de tiempo de contacto, se obtuvo un valor P de 0,156, siendo este resultado mayor que 0,05 por lo tanto se puede rechazar la hipótesis nula, esto nos indica que hay efecto de tal interacción.

Tabla 27

Coefficientes codificados

Término	Efecto	EE Del		Valor T	Valor P	FIV
		Coef	Coef.			
Constante		24,569	0,431	57,00	0,011	
Cantidad	25,000	12,500	0,431	29,00	0,022	1,00
Tamaño	-20,690	-10,345	0,431	-24,00	0,027	1,00
Tiempo	3,448	1,724	0,431	4,00	0,156	1,00
Cantidad*Tamaño	-25,862	-12,931	0,431	-30,00	0,021	1,00
Cantidad*Tiempo	-3,448	-1,724	0,431	-4,00	0,156	1,00
Tamaño*Tiempo	6,034	3,017	0,431	7,00	0,090	1,00
Cantidad*Tamaño*	7,759	3,879	0,431	9,00	0,070	1,00
Tiempo						
Pt Ctral		-6,466	0,964	-6,71	0,094	1,00

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \text{Bioadsorción} = & -367,7 + 168,81 \text{ Cantidad} + 329,2 \text{ Tamaño} \\ & + 1,998 \text{ Tiempo} - 148,90 \text{ Cantidad} * \text{Tamaño} \\ & - 0,8529 \text{ Cantidad} * \text{Tiempo} - 1,742 \text{ Tamaño} * \text{Tiempo} \\ & + 0,7837 \text{ Cantidad} * \text{Tamaño} * \text{Tiempo} - 6,466 \text{ Pt Ctral} \end{aligned}$$

Se determino la ecuación de regresión que representa al % de bioadsorción de arsénico con la manipulación de los factores de cantidad de muestra, tamaño de partícula y tiempo de contacto para la bioadsorción de arsénico en el efluente del rio, esta ecuación nos ayuda a predecir el % de remocion del arsénico en función de los factores.

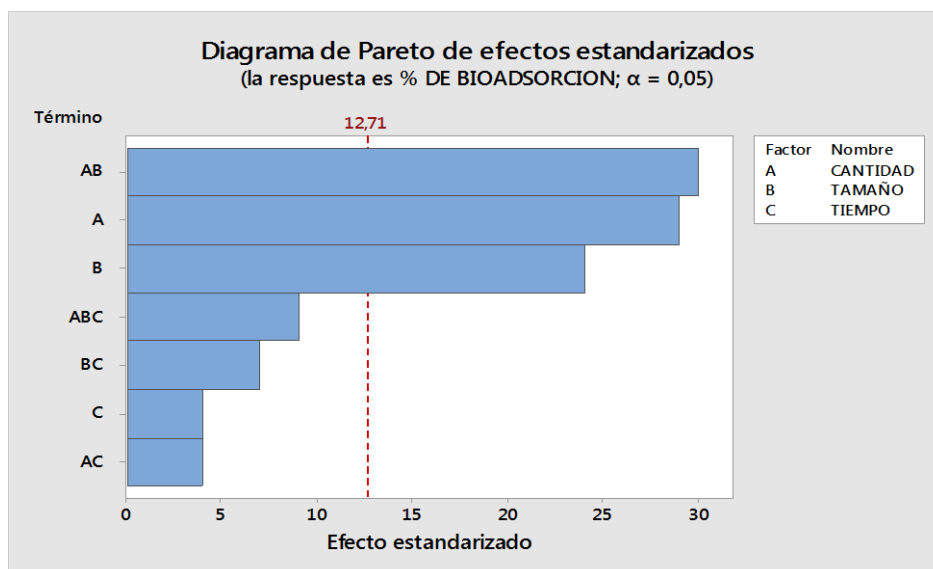


Figura 18. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de arsénico

En la figura se identifica que los factores de cantidad de muestra y tamaño de partícula son los más significativos y tiene efecto en la bioadsorción de arsénico al igual que la interacción de cantidad de muestra y tamaño de partícula.

concluyendo podemos decir que de acuerdo a los resultados los efectos significativos son los siguiente: cantidad de muestra, tamaño de partícula, y la interacción de las mismas, sin embargo, el tiempo de contacto no tiene ningún tipo de influencia.

4.5.2. Análisis de hipótesis para bioadsorción de Plomo (Pb)

Tabla 28

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	1127,04	140,880	1,84	0,518
Lineal	3	649,48	216,494	2,83	0,406
Cantidad	1	203,75	203,750	2,66	0,350
Tamaño	1	49,71	49,706	0,65	0,568
Tiempo	1	396,03	396,026	5,17	0,264
Interacciones de 2 términos	3	331,39	110,462	1,44	0,534
Cantidad*Tamaño	1	329,93	329,927	4,31	0,286
Cantidad*Tiempo	1	1,31	1,314	0,02	0,917
Tamaño*Tiempo	1	0,15	0,146	0,00	0,972
Interacciones de 3 términos	1	89,90	89,896	1,17	0,475
Cantidad*Tamaño*Tiempo	1	89,90	89,896	1,17	0,475
Curvatura	1	56,28	56,278	0,73	0,549
Error	1	76,60	76,598		
Total	9	1203,64			

Tabla 29

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
8,75201	93,64%	42,73%	*

Los resultados para los parámetros independientes en la prueba estadística obtuvieron valores mayores al valor de significancia de 0,05, por lo tanto, no son significativas en la bioadsorción de Plomo en las aguas del río crucero, en el sector progreso.

Tabla 30

Coefficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del	Valor T	Valor p	FIV
			coef.			
Constante		86,90	3,09	28,08	0,023	
Cantidad	10,09	5,05	3,09	1,63	0,350	1,00
Tamaño	4,99	2,49	3,09	0,81	0,568	1,00
Tiempo	14,07	7,04	3,09	2,27	0,264	1,00
Cantidad*Tamaño	-12,84	-6,42	3,09	-2,08	0,286	1,00
Cantidad*Tiempo	-0,81	-0,41	3,09	-0,13	0,917	1,00
Tamaño*Tiempo	0,27	0,14	3,09	0,04	0,972	1,00
Cantidad*Tamaño*Tiempo	6,70	3,35	3,09	1,08	0,475	1,00
Pt Ctrlal		5,93	6,92	0,86	0,549	1,00

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\begin{aligned} \% \text{ Bioadsorción} = & -270 + 107,6 \text{ Cantidad} + 312 \text{ Tamaño} + 2,31 \text{ Tiempo} \\ & - 99,9 \text{ Cantidad} * \text{Tamaño} - 0,701 \text{ Cantidad} * \text{Tiempo} \\ & - 2,00 \text{ Tamaño} * \text{Tiempo} + 0,677 \text{ Cantidad} * \text{Tamaño} * \text{Tiempo} \\ & + 5,93 \text{ Pt Ctrlal} \end{aligned}$$

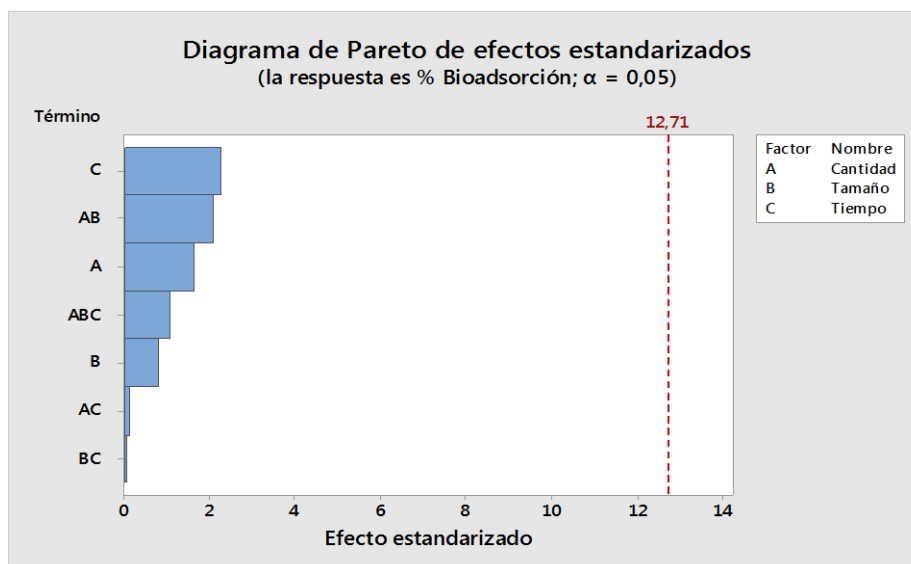


Figura 19. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de Plomo

En la figura se identifica que los factores no son significativos en la bioadsorción de Plomo al igual que la interacciones.

CONCLUSIONES

- Se determinó que la cascara de platano modificadas a carbón activado posee un gran potencial para bioadsorber metales pesados como el arsénico y plomo, los cuales se encuentran presentes en las aguas del Rio Crucero- Sector Progreso, donde los máximos porcentajes de bioadsorción de acuerdo a los tratamientos fueron de 67,241% de Arsénico (As) y 99,018% de Plomo (Pb) influenciados por las variables cantidad de muestra, tamaño de partícula y tiempo de contacto respectivamente, mostrando así que este desecho orgánico modificado y debido a su estructura porosa se puede emplear como bioadsorbentes para eliminar los metales pesados disueltos en aguas,
- Los parámetros óptimos obtenidos durante las pruebas experimentales para la bioadsorción del arsénico y plomo fueron: arsénico, cantidad de muestra (4 gramos), tamaño de partícula (0,850 mm), llegando a un porcentaje de bioadsorción de 67,241%, y para el Plomo, cantidad de muestra (4 gramos), tamaño de partícula (0,850 mm), llegando a un porcentaje de bioadsorción de 99,018 %,
- De acuerdo a los análisis y pruebas experimentales determinamos las concentraciones de arsénico y plomo al inicio y al final de la experimentación, siendo estas para el arsénico: concentración inicial 0,0058mg/L y concentración final 0,019 mg / L; y para el plomo, concentración inicial 1,018 mg/L y concentración final menor a 0,010 mg / L. al inicio supera los límites máximos permisibles y al final del proceso de bioadsorción cumple con los estándares de calidad de aguas.
- Durante las pruebas experimentales para la bioadsorción del arsénico y plomo se obtuvieron tiempos óptimos de contacto de (60 min) para el Arsénico y para el Plomo, un tiempo de contacto de (120 min), llegando en ambos casos a sus máximos porcentaje de bioadsorción, contrastando de esta forma que el material bioadsorbente modificado es favorable para la remocion de metales pesados y mucho más favorable para la bioadsorción del Plomo.



RECOMENDACIONES

- Al trabajar con aguas de Río contaminados por efluentes mineros se recomienda realizar pruebas experimentales sobre bioadsorción en diferentes épocas del año, debido a la variabilidad del caudal del Río Crucero, para así determinar el porcentaje de bioadsorción ya que el efluente contiene otros metales pesados.
- Se recomienda evaluar a diferentes tamaños y cantidades para así determinar si existe variación en la bioadsorción con cantidades y tamaños cercanos y evaluar la influencia que ejercen los mismos con las muestras de agua en diferentes épocas del año
- Realizar la cinética de bioadsorción para determinar el si la concentración final de metales pesados As y Pb en aguas del Río Crucero son las mínimas ya que a lo largo del año existe variación en su caudal y por consiguiente variación en la concentración inicial.
- Realizar la evaluación de la biomasa sin tratamiento para mejorar el tiempo de contacto para la bioadsorción metales pesados As y Pb de aguas del Río Crucero-Sector Progreso y evaluar el porcentaje de bioadsorción

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, M., Leal, L., Martín, I., Miranda, S., & Benavides, A. (2013). Arsénico en Agua: presencia, cuantificación analítica y mitigación. In *Cimav* (Vol. 2). Retrieved from https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro_2013-Arsenico_en_el_Agua_con_ISBN.pdf
- Alcocer, santivañez E., & Huamán, huaman E. (2018). *Determinación de Arsénico, Cadmio, Plomo y Mercurio en Quinua (Chenopodium Quinoa) expendida en los mercados de la Victoria, durante el período de enero del 2018* (Universidad Norbert Wiener). Retrieved from <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/2566>
- Alejandro, S. M. Y., Mejía, D. C. M., García, G. N. N., Jaimes, vilcherrez V. J., Zafra, C. Z. E., & Medina, O. M. K. (2019). Metales pesados en zanahoria (*Daucus carota*) que se comercializan en el Mercado Centenario de Huacho – 2019. *Articulo de Investigacion Big Bang* 2019, 8(4), 56. <https://doi.org/https://doi.org/10.51431/bbf.v8i4.564>
- Alvarado, cortez H. (2017). Efecto del tiempo de residencia y tamaño de partícula en la reducción de Plomo mediante bioadsorción con Citrus Cinensis en efluente minero del C.P. Tambillo – Cajamarca, 2017 (Universidad Privada del Norte). Retrieved from <https://hdl.handle.net/11537/13239>
- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*). *Revista Chilena de Nutricion*, 43(4), 394–399. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000400009>
- Aranda, garcía E. (2010). *Biosorción de cromo y níquel por la cáscara de la bellota de encino (Quercus crassipes Humb . & Bonpl .)* (Instituto politecnico Nacional). Retrieved from <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/10693>
- Aylas, O. E. J. (2018). Estudio de la adsorción de fenol, 4-nitrofenol y 4-clorofenol utilizando carbón activado modificado con cobre (Pontificia Universidad Catolica del Perú). Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12404/11521>
- Azcona, C. maria isabel, Ramirez, y A. R., & Vicente, F. G. (2015). Efectos tóxicos del plomo. *Rev Esp Med Quir*, 129(2015;20:72-77), 72–77. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)49863-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)49863-6)

- Baca, S. A. O. (2018). *Efecto del polvo de cáscara de Musa paradisíaca en la remoción de cromo total de las aguas residuales de Inversiones Harod S.A.C., Trujillo* (universidad Cesar Vallejo). Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/6584>
- Belaire, C. A. C., & Jacobs, F. B. (2017). Tratamiento de aguas contaminadas con Plomo (II) mediante un técnica en continuo de bioadsorción en columna de corcho (Universidad Autonoma de Barcelona). Retrieved from <http://zagan.unizar.es/TAZ/EUCS/2014/14180/TAZ-TFG-2014-408.pdf>
- Bermejo, C. D. F. (2016). *Remoción De Plomo Y Cadmio Presente En Aguas Residuales Mineras Mediante Biosorción En Columnas Con Bagazo De Caña Y Cáscara De Cacao*. (Universidad de Cuenca). <https://doi.org/10.3109/09286586.2013.867510>
- Boyle, R. W., & Jonasson, I. R. (1973). the Geochemistry of Arsenic and Its Use As an Indicator. *Journal of Geochemical Exploration*, 2, 251–296. [https://doi.org/DOI:10.1016/0375-6742\(73\)90003-4](https://doi.org/DOI:10.1016/0375-6742(73)90003-4)
- Calderon, B. M. A. (2005). *Obtencion De Antecedentes Experimentales Para Un Tratamiento Avanzado De Adsorcion De Edta En Turba Magallanica* (Universidad Católica de la Santísima Concepción). Retrieved from <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-marioly-calderon-2005.pdf>
- Campos, P. H. S., & Porras, B. J. J. (2018). *Evaluación de eficiencia de la harina de cáscara de plátano (Musa spp) utilizando un filtro casero, para la adsorción de hierro y manganeso en agua para consumo humano, barrio Miramayo, distrito de Yantaló – Moyobamba – San Martin* (universidad Nacional de San Martin). Retrieved from <http://hdl.handle.net/11458/3287>.
- Carabantes, A. G., & Fernicola, N. A. G. G. de. (2003). Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 39(4), 365–372. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322003000400003>.
- Cardoso, F. C., Moreira De Castro, M., & Walter, M. E. (2015). Estudo das cascas de banana das variedades prata, caturra e maçã na biossorção de metais pesados gerados pelos efluentes dos laboratórios do centro universitário de belo horizonte. *Belo Horizonte*, 8(1), 99–115. <https://doi.org/DOI: 10.18674/exacta.v8i1.1472>.

- Castro, P. B. (2015). *Uso de la cáscara de banano (musa paradisiaca) maduro deshidratada (seca) como proceso de bioadsorción para la retención de metales pesados, plomo y cromo en aguas contaminadas (Tesis de grado)* (Univerisidad de Guayaquil). Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8641>.
- Caviedes, R. D. I., Muñoz, C. R. A., Perdomo, gualtero A., Rodríguez, A. D., & Sandoval, R. I. J. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. *Revista Ingeniería y Región*, 13(1), 73–90. <https://doi.org/https://doi.org/10.25054/22161325.710>
- Ccencho, M. S. (2018). *Uso de biomasa seca (cáscara de plátano) como bioadsorbente de Arsénico en agua subterránea, Cruz del Médano, Mórrope, Lambayeque, a nivel laboratorio - 2018* (universidad Cesar Vallejo). Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/20198>
- Chalco, Q. Y. (2018). Adsorción de plomo (Pb) y cobre (Cu) con biomasa de la cáscara de plátano “Musa paradisiaca”, en efluentes de la unidad minera Carahuacra, Yauli - La Oroya (Univeridad Nacional del Centro). Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>
- Chand, P., & Pakade, Y. B. (2013). Removal of Pb from water by adsorption on apple pomace: Equilibrium, kinetics, and thermodynamics studies. *Journal of Chemistry*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/164575>
- Choccata, C. Y. D. (2018). *Evaluación de la capacidad de Biosorción de plomo (II) empenado bioamsa vegetal inerte (tallo de rosas) como adsorbente* (Universidad Nacional de San Agustín). Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8217>
- Colorado, A. M. estrella. (2017). *Estudio de la eficacia de la determinación del plomo en sangre como valor predictivo en el estudio de la pérdida de masa ósea* (Universidad Complutense de Madrid). Retrieved from <https://eprints.ucm.es/44356/1/T39170.pdf>
- Comisión Multisectorial para Prevención y Recuperación Ambiental de la cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes - CMLT. (2014). *Estado De La Calidad Ambiental De La Cuenca Del Lago Titicaca Ambito Peruano*. (p. 162). p. 162.

<https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12543/4549>

- Contreras, J., Mendoza, C., & Arismendis, G. (2004). Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina. *Ciencia y Sociedad*, 29, 38–71. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/870/87029103.pdf>
- Cordova, M. C. D. C., Vega, G. M., & Muñoz, T. M. C. (2019). Removal of Pb²⁺ and Cd²⁺ from an aqueous solution using the aquatic inert macrophyte *Typha latifolia*. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 35(Special Issue 3), 19–26. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.esp03.03>
- Coronel, R. I. S. (2016). *Influencia del pre-tratamiento Fisicoquimico en la velocidad, eficiencia y Capacidad de biosorción de Plomo (II) (en cascara de Naranja (Citrus sinensis))* (Universidad Nacional de trujillo). Retrieved from <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16253>
- Corzo, I., & Velasquez, H. M. (2014). El plomo y sus efectos en la salud. *Acta Médica Del Centro*, 8(3), 141–148. Retrieved from <http://www.revactamedicacentro.sld.cu/index.php/amc/article/view/164/227>
- Digesa. (2009). *Protocolo de monitoreo de calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales*. Retrieved from http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos
- Falla, D. F. teresa, & Ramon, L. M. Y. (2018). *Obtención y evaluación sensorial de galletas a diferentes concentraciones de harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca)* (Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.). Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12893/3970>
- Fernandez, G. R. (2019). *Eliminación de metales pesados mediante Biosorción: desarrollo de procesos de tratamiento para Aguas Residuales Industriales* (universidad de Granada). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10481/62268>
- Folchi, M. (2005). Los efectos ambientales del beneficio de minerales metálicos: un marco de análisis para la historia ambiental. *Varia Historia*, 21(33), 32–57. <https://doi.org/10.1590/s0104-87752005000100003>
- García, G. C. A., Tene, J. A., Burgos, D. K., & Zambrano, C. C. (2019). Técnicas y

- métodos electroquímicos: galvanoplastia y potenciometría. *Alternativas*, 19(1), 80–87. <https://doi.org/10.23878/alternativas.v19i1.196>
- Gomez, A. D. L. (2019). *Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres* (Universidad de Manizales). Retrieved from [https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4193/Tesis Doctoral.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4193/Tesis%20Doctoral.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gómez, M. F. J., Bolado, G. V. E., & Blasco, L. G. (2019). *Compositional and antioxidant analysis of peels from different banana varieties (Musa spp.) for their possible use in developing enriched flours* (Vol. 29). <https://doi.org/10.15174/au.2019.2260>
- Gupta, G., Khan, J., & Singh, N. K. (2021). Application and efficacy of low-cost adsorbents for metal removal from contaminated water: A review. *Materials Today: Proceedings*, 43, 2958–2964. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.316>
- Hernandez, M. L., Rivas, H. C., & Ventura, G. B. (2017). *Evaluación de la efectividad de la semilla de Teberinto (Moringa oleífera Lam .) como método de remoción de arsénico y plomo en agua para consumo humano* (Universidad de el Salvador). Retrieved from <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14844/1/13101646.pdf>
- Hernandez, R. C., & Triviño, C. L. M. (2016). *Evaluación de la capacidad de bioadsorción de pb (ii) y cd (ii) presentes en soluciones sintéticas independientes empleando retamo espinoso (Ulex europaeus) como adsorbente* (Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Retrieved from <http://hdl.handle.net/11349/3797>
- Hernández, R. M., Otero, C. A., Falcon, hernandez jose, & Yperman, Y. (2017). Características fisicoquímicas del carbón activado de conchas de coco modificado con HNO₃. *Revista Cubana de Química*, 29(1), 26–38. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v29n1/ind03117.pdf>
- Hernandez, S. R., Fernandez, C. C., & Baptista, L. M. del P. (2010). Definición del alcance de la investigación a realizar: *Metodología de la investigación*. Retrieved from <http://www.casadellibro.com/libro-metodologia-de-la-investigacion-5-ed-incluye-cd-rom/9786071502919/1960006>
- Hoang, H. G., Lin, C., Tran, H. T., Chiang, C. F., Bui, X. T., Cheruiyot, N. K., ... Lee,

- C. W. (2020). Heavy metal contamination trends in surface water and sediments of a river in a highly-industrialized region. *Environmental Technology and Innovation*, 20, 101043. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101043>
- Hu, C., Deng, Z. M., Xie, Y. H., Chen, X. S., & Li, F. (2015). The Risk Assessment of Sediment Heavy Metal Pollution in the East Dongting Lake Wetland. *Journal of Chemistry*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/835487>
- Huayhua, H. E., Mamani, M. E., & Tito, H. J. M. (2018). Evaluacion de la acumulacion de Arsenico y Cadmio en sedimentos de la represa de Cotarsaya Progreso, Puno. *Revista de Investigacion Cientifica Ñawpaarisun*, 1(1), 4. Retrieved from <http://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/download/17/6>.
- Izquierdo, S. M. (2010). *Eliminación del metales pesados en aguas mediante bioadsorción. evaluación de materiales y modelación del proceso* (Universitat de Valencia). Retrieved from <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/52130/izquierdo.pdf>
- Khan, A., Naqvi, H. J., Afzal, S., Jabeen, S., Iqbal, M., & Riaz, I. (2017). Efficiency Enhancement of Banana Peel for Waste Water Treatment through Chemical Adsorption. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: Pakistan Academy of Sciences A. Physical and Computational Sciences*, 54(3), 329–335. Retrieved from <https://www.paspk.org/wp-content/uploads/2017/09/Efficiency-Enhancement-of-Banana.pdf>
- Kumar, P. S., Ramalingam, S., Sathyselvalabala, V., Kirupha, S. D., Murugesan, A., & Sivanesan, S. (2012). Removal of cadmium(II) from aqueous solution by agricultural waste cashew nut shell. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 29(6), 756–768. <https://doi.org/10.1007/s11814-011-0259-2>
- Landeta, T. J. J. (2020). Análisis bibliográfico de tipos de Isotermas de Adsorción Freundlich, Langmuir y Brunauer, Emmett, Teller en Zeolita para la recuperación de suelos agrícolas de la Provincia de Cotopaxi en el periodo 2020 (Universidad técnica de cotopaxi). Retrieved from <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Lazo, R. (2015). *Operaciones y procesos para la producción de carbón activado a partir*

- de la cáscara de coco* (Universidad Nacional Del Callao). Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12952/1043>
- Liu, C., Ngo, H. H., Guo, W., & Tung, K. L. (2012). Optimal conditions for preparation of banana peels, sugarcane bagasse and watermelon rind in removing copper from water. *Bioresource Technology*, *119*, 349–354. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.06.004>
- Londoño, Franc, L. F., Londoño, M. P. T., & Muñoz, G. F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *14*(2), 145. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)145-153)
- López, V. A., Almanza, O., Acosta, M. F., & Suárez, E. A. (2016). Degradación Fotocatalítica de Contaminantes Orgánicos Presentes en Agua Residual de la Industria Litográfica mediante Oxido de Bismuto(III)/Oxido de Titanio (Bi₂O₃/TiO₂). *Informacion Tecnologica*, *27*(1), 147–158. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000100016>
- Lucas, V. E. (2016). *Característica generales de los elementos trazas evaluación según Codex Alimentarius*. *4*(1), 64–75. Retrieved from http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/comagric/codex/pdf/trazas .pdf
- Matamoros, M. A. (2016). Cinética De Biosorción De Plomo Y Arsénico En Carbón Activado Proveniente De La Cascarilla De Arroz. (Universidad Tecnica de Machala). Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7716>
- Medina, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Arsenic Intake : Impact in Human Nutrition and Health. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, *35*(1), 93–102. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604.93>
- MINAM. (2010). *Decreto Supremo N° 010-2010 - MINAM* (p. 4). p. 4. Retrieved from http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_010-2010-minam.pdf
- MINAM. (2017). Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. *El Peruano*, pp. 6–9. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/ds-004-2017-minam.pdf>

- MINSA. (2012). *Guia de Practica Clinica para el diagnostico y tratamiento de la intoxicacion por Arsenico* (p. 32). p. 32. Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/321711-guia-de-practica-clinica-para-el-diagnostico-y-tratamiento-de-la-intoxicacion-por-arsenico-guia-tecnica-r-m-n-389-2011-minsa>
- Miranda, Z. N. S. (2017). *Biosorcion de Cromo (VI) de soluciones acuosas por laa Biomasa Residual de Hojas de Eucalipto (globulus labill)* (Universiad nacional del Altiplano). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8747>
- Morales, J., Fuentes, R. J., Bax, V., & Matta, H. (2018). Niveles de plomo sanguíneo de un distrito del Callao. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(2), 10. Retrieved from https://www.revistaavft.com/images/revistas/2018/avft_2_2018/14_niveles_de_plomo_sanguíneo.pdf
- Moreno, E. (2010). *Recuperacion de suelos mineros contaminados con arsenico mediante fitotecnologias* (Universidad Autonoma de Madrid). Retrieved from https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/4754/31353_moreno_jimenez_eduardo.pdf?sequence=1
- Narváez, J. M. E., & Pozo, H. C. E. (2018). Intoxicación por plomo y efectos neurocomportamentales en la asociacion de carpinteros Ciudad de Tulcan, 2018. *Revista Científica de La Universidad de Cienfuegos*, 12(2218-3620 431), 431. Retrieved from http://medicinainterna.org.pe/revista/revista_18_1_2005/Intoxicacion.pdf
- Nguyen, T. A. H., Ngo, H. H., Guo, W. S., Zhang, J., Liang, S., Yue, Q. Y., ... Nguyen, T. V. (2013). Applicability of agricultural waste and by-products for adsorptive removal of heavy metals from wastewater. *Bioresource Technology*, 148, 574–585. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.08.124>
- Obregon, D. C. (2012). *Estudio comparativo de la capacidad de adsorción de cadmio utilizando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje y de aceituna*. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/54205920.pdf>
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, V. R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión.

- Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9–18. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v14n27/1909-8367-ecei-14-27-9.pdf>
- Perez, C. M. (2017). *Evaluación de Riesgo Ambiental en el Área de Influencia Minera del Río Crucero por Plomo y Mercurio - Distrito de Ananea*. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6780>
- Piol, M. N., Dickerman, C., Ardanza, M. P., Saralegui, A., & Boeykens, S. P. (2021). Simultaneous removal of chromate and phosphate using different operational combinations for their adsorption on dolomite and banana peel. *Journal of Environmental Management*, 288(November 2020), 112463. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112463>
- Quispe, Y. R. F., Belizario, Quisp, G., Chui, B. H. N., Huaquisto, C. S., Calatayud, M. A. P., & Yábar, M. P. S. (2019). Concentración De Metales Pesados: Cromo, Cadmio Y Plomo En Los Sedimentos Superficiales En El Río Coata, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 2(36.2), 83–90. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.2.3>
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz, M., & González, E. E. (2016). Contaminación por Metales Pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66–77. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6096110.pdf>.
- Rodriguez, U. X. A. (2015). Contaminación por Arsénico y Cadmio en Cervezas de marcas artesanales que se expenden en la ciudad de Guayaquil, Ecuador Universidad de guayaquil (Universidad de guayaquil). Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48743>
- Romano, silva N. C. (2014). *Utilização Da Casca De Banana Como Biossorbente Para a Adsorção De Chumbo (Ii) Em Solução Aquosa* (Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Retrieved from <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6953>
- Sun-kou, M. R., Obregón, D., Pinedo, Á., Paredes, A. L., & Aylas, J. (2014). Adsorción De Metales Pesados Empleando Carbones Activados Preparados a Partir De Semillas De Aguaje. *Revista Sociedad Química de Peru*, 80(4), 225–236.
- Tejada, T. C., Ruiz, P. E., Gallo, M. J., & Moscote, B. J. (2015). *Evaluación de la*

- biosorción con bagazo de palma africana para la eliminación de Pb (II) en solución*
Evaluation of the biosorption with african palm bagasse for the removal of Pb (II)
in solution. 13(1), 59–67. Retrieved from
<http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n1/v13n1a07.pdf>
- Trujillo, M. C. (2015). *Eliminacion de Cromo (VI) de medios acuosos mediante biosorción con hueso de aceituna: escalado del procesos y aplicacion a la depuracion de aguas* (Universidad de Granada). Retrieved from
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=57743>
- United Nations Environment Programme UNEP. (2015). *Principales Descubrimientos en relación al plomo.* 12. Retrieved from
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22871/Key_Scientific_Findings_Lead_SP.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- Valdivia, I. M. M. (2005). Intoxicación por plomo. *Medicina Clinica*, 129(15), 600. Retrieved from
<https://sisbib.unmsm.edu.pe/bVrevistas/spmi/v18n1/pdf/a05v18n1.pdf>
- Vazquez, V. F. (2016). *Biosorción de Arsénico por hoja de moringa* (universidad Autonoma Agraria Antonio Narro). Retrieved from
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8299>
- Vera, L., Uguña, M. F., García, N., Flores, M., Veronica, V., & Aloma, I. (2016). Desarrollo de materielles sorbentes para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales mineras. *Afinidad*, 73(574), 135–139. Retrieved from
<https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/312048>
- Viena, V., Elvitriana, E., & Wardani, S. (2018). Application of banana peels waste as adsorbents for the removal of CO₂, NO, NO_x, and SO₂gases from motorcycle emissions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 334(1).
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/334/1/012037>
- Zhou, N., Chen, H., Xi, J., Yao, D., Zhou, Z., Tian, Y., & Lu, X. (2017). Biochars with excellent Pb(II) adsorption property produced from fresh and dehydrated banana peels via hydrothermal carbonization. *Bioresource Technology*, 232, 204–210.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.01.074>.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de Tamices Estándar USA

Prueba de Análisis de Tamiz

Información para Órdenes

Los Tamices se utilizan para una amplia gama de pruebas en Materiales de Construcción incluyendo Suelos y Agregados.

La distribución del tamaño de la partícula permite la clasificación del material y su adaptabilidad al diseño propuesto.

La Gradación de Agregados es importante para determinar el cumplimiento de la especificación de requerimientos y el control de agregados utilizados en diversos tipos de mezclas.

Un juego típico de tamices como se especifica en ASTM C136, incluye cada una de los tamices marcados en la tabla de Tamices y los accesorios listados.

EI79-7225. Cepillo para Tamiz Fino x 1.

EI79-7230. Cepillo para Tamiz Grueso x 1.

Tabla de Tamices Estandar USA

Número o Tamaño del Tamiz	Abertura del Tamiz		203 mm. (8 pulg.) Diámetro	305 mm. (12 pulg.) Diámetro
	Estándar (mm.)	Alternativo (in.)		
Serie Fina				
1/4 pulg.	6,3 mm	0,250	EI79-5000	EI79-5800
No. 3-1/2	5,6 mm	0,223	EI79-5010	EI79-5810
No. 4	4,75 mm	0,187	EI79-5020*	EI79-5820
No. 5	4,00 mm	0,157	EI79-5030	EI79-5830
No. 6	3,35 mm	0,132	EI79-5040	EI79-5840
No. 7	2,80 mm	0,111	EI79-5050	EI79-5850
No. 8	2,36 mm	0,0937	EI79-5060*	EI79-5860
No. 10	2,00 mm	0,0787	EI79-5070	EI79-5870
No. 12	1,70 mm	0,0661	EI79-5080	EI79-5880
No. 14	1,40 mm	0,0555	EI79-5090	EI79-5890
No. 16	1,18 mm	0,0469	EI79-5100*	EI79-5900
No. 18	1,00 mm	0,0394	EI79-5110	EI79-5910
No. 20	850 μm	0,331	EI79-5120	EI79-5920
No. 25	710 μm	0,0278	EI79-5130	EI79-5930
No. 30	600 μm	0,0234	EI79-5140*	EI79-5940
No. 35	500 μm	0,0197	EI79-5150	EI79-5950
No. 40	425 μm	0,0165	EI79-5160	EI79-5960
No. 45	355 μm	0,0139	EI79-5170	EI79-5970
No. 50	300 μm	0,0117	EI79-5180*	EI79-5980
No. 60	250 μm	0,0098	EI79-5190	EI79-5990
No. 70	212 μm	0,0083	EI79-5200	EI79-6000
No. 80	180 μm	0,0070	EI79-5210	EI79-6010
No. 100	150 μm	0,0059	EI79-5220*	EI79-6020
No. 120	125 μm	0,0049	EI79-5230	EI79-6030
No. 140	106 μm	0,0041	EI79-5240	EI79-6040
No. 170	90 μm	0,0035	EI79-5250	EI79-6050
No. 200	75 μm	0,0029	EI79-5260*	EI79-6060
No. 230	63 μm	0,0025	EI79-5270	EI79-6070
No. 270	53 μm	0,0021	EI79-5280	EI79-6080
No. 325	45 μm	0,0017	EI79-5290	EI79-6090
No.400	38 μm	0,0015	EI79-5300	EI79-6100
Serie Gruesa				
5/16 pulg.	8,0 mm	0,312	EI79-5500	EI79-6200
3/8 pulg.	9,5 mm	0,375	EI79-5510*	EI79-6210
7/16 pulg.	11,2 mm	0,438	EI79-5520	EI79-6220
1/2 pulg.	12,5 mm	0,500	EI79-5530*	EI79-6230
5/8 pulg.	16,0 mm	0,625	EI79-5550	EI79-6250
3/4 pulg.	19,0 mm	0,750	EI79-5560*	EI79-6260
7/8 pulg.	22,4 mm	0,875	EI79-5570	EI79-6270
1 pulg.	25,0 mm	1,00	EI79-5580	EI79-6280*
1-1/4 pulg.	31,5 mm	1,25	EI79-5600	EI79-6300
1-1/2 pulg.	38,1 mm	1,50	EI79-5610	EI79-6310*
1-3/4 pulg.	45 mm	1,75	EI79-5620	EI79-6320
2 pulg.	50 mm	2,00	EI79-5630	EI79-6330
2-1/2 pulg.	63 mm	2,50	EI79-5650	EI79-6350*
3 pulg.	75 mm	3,00	EI79-5660	EI79-6360*
3-1/2 pulg.	90 mm	3,50	EI79-5670	EI79-6370*
4 pulg.	100 mm	4,00	EI79-5680	EI79-6380*
Bandeja			EI79-5410*	EI79-6160*
Bandeja con borde extendido			EI79-5415	EI79-6165
Tapa sin anillo			EI79-5400*	EI79-6150*
Tapa con anillo			EI79-5405	

Anexo 2. estándares de Calidad Ambiental ECA para Agua

10	NORMAS LEGALES Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano
<p>Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias</p> <p>DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM</p> <p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p> <p>CONSIDERANDO:</p> <p>Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;</p> <p>Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;</p> <p>Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;</p> <p>Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;</p> <p>Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;</p> <p>Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;</p> <p>Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;</p> <p>Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;</p> <p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;</p> <p>Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;</p> <p>Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,</p>	<p>publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;</p> <p>De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;</p> <p>DECRETA:</p> <p>Artículo 1.- Objeto de la norma La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.</p> <p>Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.</p> <p>Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:</p> <p>3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional</p> <p>a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:</p> <ul style="list-style-type: none">- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente. <p>b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:</p>

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Tílica, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos

- Estuarios

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

**Única.- Derogación de normas referidas a
Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antrópogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

14

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Niquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₆ - C ₁₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	(e)	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodichlorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGANICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N ($\text{NO}_2\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO_2).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{E_{\text{CAcloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{E_{\text{CADibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{E_{\text{CABromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{E_{\text{CABromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.
Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FISICOS- QUIMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	10	**
Nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLEPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 3:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoniaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoniaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Benilo	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Niquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminths	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FISICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3^-).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N ($\text{NH}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2

Fuente: (MINAM, 2017)

Anexo 3. Resultados de análisis de metales pesados en agua de la subcuenca Rio Crucero - Azángaro



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00635

Fecha de emisión : 6/12/2019

Página 1 de 3

Señores : CARMEN NATALIA MARON MAMANI
Dirección : JR SAN ROMAN 172 PUNO
Atención : CARMEN NATALIA MARON MAMANI
Proyecto : TESIS DE BIOADSORCIÓN DE As Y Pb DE AGUAS DEL RIO CRUCERO- SECTOR PROGRESO

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : CARMEN NATALIA MARON MAMANI
Registro de muestreo : 446-19
Procedimiento Aplicado : Muestreo por el cliente

Fecha de recepción : 26/11/2019
Fecha de ensayo : 26/11/2019
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG19001149	M-8 MUESTRA TRATA EN EL LABORATORIO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO SECTOR PROGRESO / AZANGARO / PUNO	LABORATORIOS DE AGUAS FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	26/11/2019	13:00

(c) - datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra

Contenedor no refrigerado

Observación

-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

Nº 10103



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00635

Fecha de emisión : 6/12/2019

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796				802						
		As	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19001149	M-8 MUESTRA TRATA EN EL LABORATORIO	0,0270	0,0090	0,441	0,3717	0,24042	≤0,000079	77,2	≤0,00011	≤0,000064	0,37366	0,0638

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802											
		Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19001149	M-8 MUESTRA TRATA EN EL LABORATORIO	2,91	113	0,10794	14,75	0,12000	0,00321	591	0,01536	210,0	1,806	≤0,00049	≤0,002

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802						
		SiO2	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG19001149	M-8 MUESTRA TRATA EN EL LABORATORIO	6,207	≤0,00085	0,4530	0,01128	≤0,0013	0,00640	0,3238

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
** Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 10104



Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-19-00635

Fecha de emisión : 6/12/2019

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[0.0012 - 50] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L

* : Límite de detección * : Límite de cuantificación

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

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

*<Valor numérico> = Límite de detección del método, *<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

Nº 10105

Anexo 4. Resultados de análisis de Arsénico en agua – Río Crucero – Azángaro



Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00309

Fecha de emisión: 26/12/2020

Página 1 de 3

Clave generada : B7EEAEC8

Señores : CARMEN NATALIA MARON MAMANI
Dirección : JR SAN ROMAN 172 PUNO
Atención : CARMEN NATALIA MARON MAMANI
Proyecto : TESIS

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : CARMEN NATALIA MARON MAMANI
Registro de muestreo : 195-20
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 19/12/2020
Fecha de ensayo : 19/12/2020
Nro de muestras : 9

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG20000675	M-01	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO / AZANGARO / PUNO	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO	11/12/2020	7:30
AG20000676	M-02	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO / AZANGARO / PUNO	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO	10/12/2020	10:45
AG20000677	M-03	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO / AZANGARO / PUNO	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO	11/12/2020	13:30
AG20000678	M-04	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO / AZANGARO / PUNO	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO	11/12/2020	10:30
AG20000679	M-05	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO / AZANGARO / PUNO	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO	11/12/2020	13:01
AG20000680	M-06	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO / AZANGARO / PUNO	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO	14/12/2020	15:30
AG20000681	M-07	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO / AZANGARO / PUNO	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO	16/12/2020	9:30
AG20000682	M-08	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO / AZANGARO / PUNO	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO	16/12/2020	12:00
AG20000683	M-09	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO / AZANGARO / PUNO	RIO CRUCERO - SECTOR PROGRESO	16/12/2020	14:20

(c) : datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"a" < Valor numérico = Límite de detección del método, "b" < Valor Numérico = Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)



Validar el informe
vía WEB



Laboratorios Analíticos del Sur

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



INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00309


Fecha de emisión: 26/12/2020

Página 2 de 3

Clave generada : B7EEAEC8

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796	
		As	mg/L
AG20000675	M-01	0,0027	
AG20000676	M-02	0,0058	
AG20000677	M-03	0,0055	
AG20000678	M-04	0,0048	
AG20000679	M-05	0,0054	
AG20000680	M-06	0,0051	
AG20000681	M-07	0,0050	
AG20000682	M-08	0,0048	
AG20000683	M-09	0,0048	


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Suárez Soto
Gerente de Operaciones
M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.





Laboratorios Analíticos del Sur

Laboratorios Analíticos del Sur

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



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00309

Fecha de emisión: 26/12/2020

Página 3 de 3

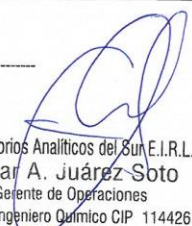
Clave generada : B7EEAEC8

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[\geq 0.0012 - 50] mg/L

a : Límite detección b : Límite de cuantificación

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


Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo del os miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"><Valor numérico">=Límite de detección del método, "> <Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

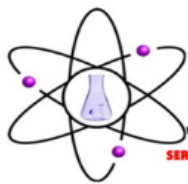
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web

Anexo 5. Resultados de análisis de Plomo en agua – Río Crucero – Azángaro



RHLAB S.A.C.
SERVICIOS ANALÍTICOS QUÍMICO - METALÚRGICO

RH-M45-1449

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : Ing. CARMEN NATALIA MARON MAMANI
ASUNTO : Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA :
CANTIDAD DE MUESTRAS : 10
SOLICITUD DE ENSAYO : Análisis Químico de Plomo (Pb)
Por reconocimiento
RECEPCION DE MUESTRAS : Botella de Plastico debidamente refrigerado.
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO : 18/12/2020 al 04/01/2021

DETALLE DEL INFORME

RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	Pb
			mg/L
1	RH-M46633	M1	0.384
2	RH-M46634	M2	1.018
3	RH-M46635	M3	<0.010
4	RH-M46636	M4	0.137
5	RH-M46637	M5	0.225
6	RH-M46638	M6	0.167
7	RH-M46639	M7	<0.010
8	RH-M46640	M8	0.051
9	RH-M46641	M9	0.019
10	RH-M46642	M10	0.074

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

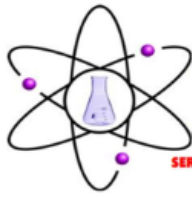
Limite de deteccion= 0.010 mg/L

MÉTODOS DE REFERENCIA

* Determinación de Plomo (Pb) en muestra de agua - Método Vía Absorción Atómica



Av Martires del 4 de Noviembre N° 2414 (Salida Puno - Frente a Covisur)
Cel: 978645480 - 935008140



RH-M50-0298

INFORME DE ENSAYO

DATOS DEL CLIENTE

A SOLICITUD DE : Ing. CARMEN NATALIA MARON MAMANI
ASUNTO : Determinación Analítica del contenido metálico total en la muestra
CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA MUESTRA
CANTIDAD DE MUESTRAS : 01
SOLICITUD DE ENSAYO : Análisis Químico de Arsenico (As)
Por reconocimiento
RECEPCION DE MUESTRAS : Botella de Plastico debidamente refrigerado.
COORDENADAS : 19L 359195 E; 8411438 N
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO : 14/01/2020 al 12/02/2021

DETALLE DEL INFORME

RESULTADO DE ENSAYO

N°	N° RH	Código de Cliente	As
			mg/L
1	RH-M46633	Agua de Rio	0,0019

Los resultados obtenidos y que se consignan en el presente informe corresponden al ensayo solicitado en las muestras recibidas del cliente.

Limite de deteccion= 0.0010 mg/L

METODOS DE REFERENCIA

* Determinación de Plomo (Pb) en muestra de agua - Método Vía Absorción Atomica



Av Martires del 4 de Noviembre N° 2414 (Salida Puno - Frente a Covisur)
Cel: 978645480 - 935008140