

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Eficiencia en la remoción de Plomo (Pb) Y Zinc (Zn) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (Macrocystis Pyrifera) químicamente modificado

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Jennifer Sheila Magno Vargas

Asesora:

MSc. Natalí Carbo Bustinza

Lima, marzo de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

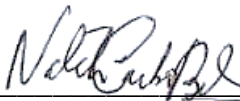
MSc. Natalí Carbo Bustinza, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Eficiencia en la remoción de Plomo (Pb) Y Zinc (Zn) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (Macrocystis Pyrifera) químicamente modificado”** constituye la memoria que presenta la Bachiller Jennifer Sheila Magno Vargas para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

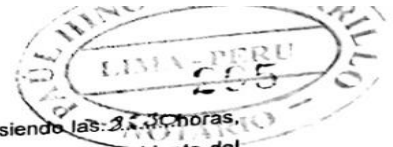
Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 11 días del mes de marzo del año 2020.



MSc. Natalí Carbo Bustinza

ACTA DE SUSTENTACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Naña, Villa Unión, a los 01 día(s) del mes de marzo del año 2020 siendo las 2:30 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Hg. Milda Amparo Cruz Huananga, el secretario: Hg. Jackson Edgardo Pérez Campio y los demás miembros: Hg. Joel Hugo Fernández Rojas, Ing. Nancy Guran Rafael y el asesor: MSc. Natali Corbo Bustinza

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: Eficiencia en la remoción de plomo (Pb) y Zinc (Zn) de aguas residuales industriales del Proceso de explotación minera mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (Macrocystis Pyrifera) químicamente modificado de el(los)/la(las) bachiller/es: a) Jennifer Sheila Magno Vargas b) - conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental (Nombre del Título Profesional) con mención en -

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Jennifer Sheila Magno Vargas

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobada</u>	<u>18</u>	<u>A-</u>	<u>Muy bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Candidato (b): -

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente

[Firma]
Miembro

[Firma]
Secretario

[Firma]
Asesor
[Firma]
Candidato/a (a)

[Firma]
Miembro
Ing Nancy C.
Candidato/a (b)

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado en primer lugar a Dios, por estar siempre conmigo guiando mi camino.

A mis padres por permitirme trazar mi camino y caminar con mis propios pasos, siendo los pilares de mi vida.

A mis hermanas y sobrino por estar siempre presentes y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todas las personas que me han apoyado, logrando que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos conmigo.

Para ellos, y todos aquellos que confiaron en mí.

AGRADECIMIENTOS

Ante todo agradecer a Dios por darme salud y la gracia de poder despertar día a día con anhelos y sueños que cumplir.

A mis padres por siempre haberme apoyado en mi formación académica, por creer en mí en todo momento y confiar en mis capacidades, motivándome día a día a lograr mis metas.

A la MSc. Natalí Carbo Bustinza, más que una asesora, una gran amiga, gracias por su paciencia y enseñanza, por ayudarme y motivarme, sin dudar de mis capacidades y habilidades, sin su apoyo, nada de esto hubiera sido posible.

Al Lic. Bryan Córdova Vélez, por la colaboración en la obtención de resultados y la donación del material utilizado en la investigación.

A mis amigos y compañeros de trabajo por apoyo moral y los permisos otorgados, y sobre todo a la Universidad Peruana Unión por ser mi alma mater a la cual siempre le estaré agradecida.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
SÍMBOLOS USADOS	xvi
RESUMEN	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Identificación del problema	1
1.2. Justificación de la investigación.....	6
1.3. Objetivo general	9
1.4. Objetivos específicos.....	9
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes.....	11
2.1.1. A nivel mundial	11
2.1.2. A nivel sudamericano	15
2.1.3. A nivel nacional.....	17
2.1.4. A nivel local	17

2.2.	Aguas residuales	18
2.3.	Clasificación de aguas residuales	18
2.3.1.	Agua residual industrial.....	18
2.3.2.	Agua residual doméstica.....	19
2.3.3.	Agua residual municipal.....	19
2.4.	Composición de las aguas residuales industriales	19
2.5.	Problemática actual de las aguas residuales industriales en el Perú.....	22
2.6.	Manejo de las aguas residuales industriales en el Perú	25
2.7.	Contaminación del agua con metales pesados con Plomo (Pb) y Zinc (Zn)	27
2.7.1.	Contaminación del agua con Plomo (Pb)	27
2.7.2.	Contaminación del agua con Zinc (Zn)	28
2.8.	Parámetros de control de efluentes de actividades mineras	29
2.9.	Marco legal.....	31
2.9.1.	Constitución Política del Perú	31
2.9.2.	Ley General del Ambiente - Ley N° 28611.....	31
2.9.3.	Ley General de Recursos Hídricos - Ley N° 29338.....	33
2.9.4.	DS-010-2010-MINAM “Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero – Metalúrgicas”	33
2.10.	Tipos de tratamiento de aguas residuales industriales.....	35
2.10.1.	Intercambio iónico.....	35

2.10.2. Osmosis inversa.....	36
2.10.3. Eliminación de sólidos (Coagulación – floculación).....	38
2.10.4. . Biopolímeros	39
2.11. Algas.....	40
2.11.1. Algas Pardas (Macrocystis Pyrifera)	42
2.12. Alginato de Algas Pardas	46
CAPITULO III: METODOLOGÍA	48
3.1. Lugar de ejecución.....	48
3.2. Adquisición de Alginato de Algas Pardas	48
3.3. Recolección de muestras	48
3.3.1. Toma de muestra	48
3.3.2. Punto de muestreo	50
3.3.3. Aforo del caudal	50
3.3.4. Parámetros físicos y químicos	50
3.3.5. Método de análisis de los parámetros.....	52
3.3.6. Cadena de custodia	52
3.3.7. Cantidad de muestras.....	52
3.4. Variables de estudio.....	55
3.4.1. Variable dependiente	55
3.4.2. Variable independiente	56

3.5.	Espectrofotometría de Absorción Atómica	56
3.6.	Pruebas preliminares.....	58
3.6.1.	Pruebas preliminares para el Plomo.....	59
3.6.1.1.	Efecto del pH.....	59
3.6.1.2.	Diagrama de Pourbaix para el Pb(II).....	61
3.6.1.3.	Efecto de la dosis en la adsorción del Pb(II).....	61
3.6.1.4.	El efecto de la concentración inicial (Co).....	63
3.6.1.5.	Evaluación de Isotermas.....	64
3.6.2.	Pruebas preliminares para el Zinc.....	66
3.6.2.1.	Efecto del pH en la adsorción del Zinc	66
3.6.2.2.	Diagrama de Pourbaix para el Zn(II)	68
3.6.2.3.	Efecto de la dosis en la adsorción del Zinc	68
3.6.2.4.	El efecto de la concentración inicial (Co).....	70
3.6.2.5.	Evaluación de Isotermas.....	72
3.7.	Formulación de hipótesis.....	73
3.8.	Estudio y diseño de la investigación.....	74
3.9.	Análisis estadístico	75
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		76
4.1.	Ensayos de laboratorio del agua residual	76
4.1.1.	Remoción de plomo.....	76

4.1.1.1. Efluente N° 1	76
4.1.1.2. Efluente N° 2	76
4.1.2. Remoción de zinc	77
4.1.2.1. Efluente N° 1	77
4.1.2.2. Efluente N° 2	77
4.2. Eficiencia de remoción	78
4.3. Resultados.....	79
4.3.1. Evaluar los porcentajes removidos de Pb(II) y Zn(II) de los efluentes N° 1 y N° 2 de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (<i>Macrocystis Pyrifera</i>).	79
4.3.2. Comparar la concentración final de Pb(II) y Zn(II) de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera que fueron tratadas por medio de Alginato de Algas Pardas (<i>Macrocystis Pyrifera</i>) con los niveles exigidos en la D.S. N° 010-2010-MINAM (2010).	83
4.3.3. Determinar la correlación entre los niveles de Pb(II) y Zn(II) de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera.	87
4.3.4. Determinar la eficiencia de la capacidad de remoción de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera, mediante la aplicación de un biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (<i>Macrocystis Pyrifera</i>)	88
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
5.1. Conclusiones.....	91

5.2. Recomendaciones	93
REFERENCIAS.....	94
ANEXOS	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de aguas residuales típicas en algunas industrias importantes	21
Tabla 2. Usos de agua en la minería	22
Tabla 3. Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas.....	23
Tabla 4. Efecto del pH en la adsorción del Pb(II).....	30
Tabla 5. Efecto de la dosis en la adsorción del Pb(II)	59
Tabla 6. Efecto de la concentración inicial en la adsorción del Pb(II)	62
Tabla 7. Modelo de Langmuir y Freundlich adsorción del Pb(II)	63
Tabla 8. Efecto del pH en la adsorción del Zn(II)	65
Tabla 9. Efecto de la dosis en la adsorción del Zn(II)	66
Tabla 10. Efecto de la concentración inicial (Co) en la adsorción del Zn(II).....	69
Tabla 11. Isotherma de Langmuir adsorción del Zn(II).....	70
Tabla 12. Resultados de la remoción del plomo en el Efluente N° 1	72
Tabla 13. Resultados de la remoción del zinc en el Efluente N° 1.....	76
Tabla 14. Resultados de la remoción del zinc en el Efluente N° 2.....	77
Tabla 15. Resultados de la remoción del zinc en el Efluente N° 2.....	78
Tabla 16. Resultados de los porcentajes de remoción	78
Tabla 17. Resultados objetivos específicos N° 1. Efluente N° 1	79
Tabla 18. Prueba de ANOVA entre metales.....	80
Tabla 19. Resultados objetivos específicos N° 1. Efluente N° 2.....	81
Tabla 21. Prueba de ANOVA entre efluentes (para el Zn(II))	82
Tabla 22. Prueba de correlación entre los metales.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de aguas residuales y sus efectos.	20
Figura 2. Demanda total del uso de agua.....	24
Figura 3. Promedio anual (hm ³ /año) de descarga anual de aguas residuales tratadas en el Perú.....	26
Figura 4. Porcentajes de vertimiento de aguas residuales tratadas según sector.	26
Figura 5. Representación gráfica del Intercambio Iónico – BossTech.....	36
Figura 6. Representación gráfica del proceso de Osmosis.	37
Figura 7. Representación gráfica del proceso de Coagulación/Floculación.....	39
Figura 8 Algas..	40
Figura 9 Clasificación de las algas según el reino al que pertenecen.....	41
Figura 10 Localización mundial de algas pardas.....	43
Figura 11 Morfología de las algas Pardas	44
Figura 12. Ciclo de vida de <i>Macrocystis Pyrifera</i>	46
Figura 13. Materiales y equipos necesarios para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales.....	49
Figura 14. Conservación y preservación de agua - Anexo VII - Protocolo Nacional de Monitoreo de Agua.....	51
Figura 15. Compañía Minera: Ubicación Geográfica.	53
Figura 16. Punto muestral N° 1: Ubicación Geográfica.....	54
Figura 17. Punto muestral N° 2: Ubicación Geográfica.....	55

Figura 18. Efecto del Ph en la adsorción del Pb(II).....	60
Figura 19. Diagrama de Pourbaix para el Pb(II)	61
Figura 20. Efecto de la dosis en la adsorción del Pb(II).....	62
Figura 21. Efecto de la concentración inicial	64
Figura 22. Isoterma de Langmuir adsorción del Pb(II)	65
Figura 23. Efecto del pH en la adsorción del Zinc	67
Figura 24. Efecto del pH en la remoción de Zn(II) con alginato químicamente modificado....	67
Figura 25. Diagrama de Pourbaix adsorción Zn(II)	68
Figura 26. Efecto de la dosis en la adsorción del Zn(II).....	69
Figura 27. Efecto de la concentración inicial (Co) en la adsorción del Zn(II)	71
Figura 28. Isoterma de Langmuir adsorción del Zn(II)	73
Figura 29. Comparación de la concentración de Pb y el LMP de D.S. N° 010-2010-MINAM (2010).....	83
Figura 30. Comparación de la concentración de Zn y el LMP de D.S. N° 010-2010-MINAM (2010).....	85
Figura 28. Comparación de la concentración de Zn y y el LMP de D.S. N° 010-2010-MINAM (2010).....	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Carta de autorización de la empresa.....	104
Anexo 2. Cadena de custodia (07/08/2018).....	105
Anexo 3. Cadena de custodia (08/08/2018).....	106
Anexo 4. Informe de Ensayo Inicial	107
Anexo 5. Informe de Ensayo CPi	108
Anexo 6. Informe de Ensayo E2i	109
Anexo 7. Anexo fotografico que soportan la realización del estudio	110
Anexo 8. Decreto Supremo 010-2010-MINAM.....	113

SÍMBOLOS USADOS

aOX	halógenos orgánicos absorbibles
Ca	calcio
Cd	cadmio
CIC	capacidad de intercambio catiónico
Co	concentración inicial
COP	contaminantes orgánicos persistentes
COV	compuestos orgánicos volátiles
DBO	demanda biológica de oxígeno
DQO	demanda química de oxígeno
H ₂ O ₂	agua
M	concentración molar
Mg	magnesio
Na	sodio
NaOH	hidróxido de sodio
Pb	plomo
PCB	bifenilos policlorados

ppm	partes por millón
SS	sólidos en suspensión
tpd	toneladas diarias de producción
UTM	Universal Transverse Mercator
Zn	zinc

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo determinar la eficiencia de la capacidad de remoción de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera mediante la aplicación de un biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) químicamente modificado. Para ello se propuso una investigación de enfoque cuantitativo y diseño cuasiexperimental o preexperimental, en el cual mediante la prueba de espectrofotometría se determinó el impacto en la concentración de Pb(II) y Zn(II) de la aplicación de un biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*), en dos puntos muestrales (efluentes de una empresa minera). De esta manera, los resultados del estudio reflejaron que al nivel de 5% de confianza (con $F = 354.32$ y p cercano a 0.00 en la prueba de ANOVA), se logró remover un porcentaje similar de Pb(II) y Zn(II) en el Efluente N° 1 y con el mismo nivel de confianza con $F = 354.32$ y p cercano a 0.00 en la prueba de ANOVA) que se removió mayor cantidad de este metal en el agua en el Efluente N° 2 (67.59% del total) que en el Efluente N°1 (28.43%). Por otra parte, se concluyó que la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) es parcialmente eficiente en la remoción de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera, visto que no se logró cumplir con el valor referencial fijado en el D.S N° 010-2010-MINAM (2010) para el Pb y Zn en ninguno de los efluentes, significando ello que la eficiencia del biomaterial en la dosis y nivel de pH fijado dependerá de la concentración inicial del metal.

Palabras claves: Remoción de metales, biomaterial, aguas residuales industriales, minería, estándares ambientales del agua, plomo, zinc.

ABSTRACT

The objective of this study is to determine the efficiency of the removal capacity of Pb(II) and Zn (II) from industrial wastewater from the mining process by applying a biomaterial based on Brown Algae Alginate (*Macrocystis Pyrifera*) chemically modified. For this, a research with a quantitative approach and quasi-experimental or pre-experimental design was proposed, in which the impact on the concentration of Pb(II) and Zn(II) of the application of an alginate-based biomaterial was determined by means of the spectrophotometry test. of Brown Algae (*Macrocystis Pyrifera*), at two sample points (effluents from a mining company). Thus, the study results identify that at the 5% confidence level (with $F = 354.32$ and p close to 0.00 in the ANOVA test), they eliminate a similar percentage of Pb(II) and Zn(II) in the Effluent No. 1 and with the same level of confidence with $F = 354.32$ and p close to 0.00 in the ANOVA test) that more of this metal was removed from the water in Effluent N°2 (67.59% of the total) than in the Effluent N°1 (28.43%). On the other hand, it was concluded that the application of Brown Algae Alginate (*Macrocystis Pyrifera*) is specifically efficient in removing Pb(II) and Zn(II) from industrial wastewater from the mining exploitation process, since it has not been fulfilled with the reference value set in DS N° 010-2010-MINAM (2010) for Pb and Zn in none of the effluents, meaning that the efficiency of the biomaterial in the dose and pH level set will depend on the initial concentration of the metal.

Keywords: Metal removal, biomaterial, industrial wastewater, mining, environmental water standards, lead, zinc.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2017) señala que la cantidad de aguas residuales tratadas en los diferentes países guardan una relación directa con la cantidad de ingresos que estos poseen, es decir en promedio, los países con ingresos altos tratan cerca del 70% de sus aguas residuales, los países con ingresos medios-altos tratan el 38%, los países con ingresos medios-bajos tratan el 28% y en los países con ingresos bajos solo el 8% recibe algún tratamiento. Estas estimaciones representan el sustento para la frase utilizada por la UNESCO (2015), la cual señala que más del 80% de las aguas residuales resultantes de actividades humanas con altos contenidos de algún tipo de contaminante, entre ellos los metales pesados, son descargadas a cuerpos receptores limpios, generando así la contaminación de aguas superficiales, suelos y aguas subterráneas traduciéndose así en la afectación de la calidad de suministros de agua dulce.

Pérez et al. (2013) comentan que el contenido de metales pesados en aguas residuales, que frecuentemente son utilizadas en el riego de suelos con vocación agrícola sin el debido tratamiento, ocasiona efectos perjudiciales en los cultivos, visto que dicho contenido se acumula en la capa arable de los suelos y su persistencia junto a su nivel de toxicidad generan daños en las plantas. Por otra parte, Reyes, Vergara, Torres y González (2016) destacan que en investigaciones como las de Singh et al. en 2014, Chen et al. en 2013 y Bayona en 2009, se ha determinado una significativa presencia de metales pesados en hortalizas (lechuga, repollo, calabaza, entre otras) pero también en carnes, peces y leches.

En este sentido, dependiendo del metal, su nivel de concentración y la exposición prolongada en el ser humano se pudiesen generar afecciones en la salud, que van desde el envenenamiento, daños en órganos vitales o desarrollos cancerígenos (Reyes et al., 2016). Por esta razón, argumentan estos autores que la contaminación del agua con diferentes tipos de contaminantes y sobre todo con metales pesados, representa un problema a nivel mundial que día a día va tomando más fuerza, generando así que muchos países desarrollados creen e implementen nuevos sistemas y nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, al hablar de países en vías de desarrollo el tratamiento es escaso y el vertido de aguas residuales sin tratamiento alguno continúa siendo una práctica habitual.

Así, se observa que distintos organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras autoridades del medio ambiente, han establecido niveles en cuanto a la concentración de metales en aguas aptas para el consumo humano y para las actividades agrícolas (Reyes et. al, 2016). Asimismo, como indica Aquino (2017), la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha contemplado dentro de los “Objetivos del Desarrollo Sostenible al 2030”, mejorar la calidad del agua a través de la reducción de los agentes contaminantes que se vierten en ella, incluyendo la reducción del 50% del porcentaje de aguas residuales que no reciben tratamiento.

En cuanto a la generación de aguas residuales, su tratamiento y, en especial, respecto a la contaminación del agua por metales pesados, Caviedes, Muñoz, Perdomo, Acosta y Sandoval (2015), señalan que es inevitable relacionar dichos temas con la industria más representativa a nivel mundial y sobre todo en el Perú, la minería. De esta manera, destaca Aquino (2017) que el promedio anual de aguas residuales tratadas en el Perú es de 433.68 hm³/año, del cual el 55.03%, es decir 251.72 hm³/año, provienen del sector minero.

Doing Bussines en su revista Industria Minera - Guía de Negocios e Inversión en el Perú 2013/2014, califica al Perú, como el séptimo productor minero más grande del mundo, ocupando esta posición debido a la alta producción de cobre, oro, plata, plomo, zinc y estaño, que se dan dentro de sus minas (Ernst&Young, 2014). El Foro de Desarrollo Minero Sostenible (2014) señaló que existen dos principales métodos de extracción minera: superficial o a cielo abierto y subterráneo, siendo necesario en este último la extracción del agua subterránea para la explotación del mineral, dando paso al tratamiento de estas aguas antes de entrar en contacto con un cuerpo receptor, y considerándolas como un agua residual industrial. En el caso del método de extracción a cielo abierto, se hace uso constante de equipos de bombeos para facilitar el drenaje y desagüe del agua acopiada con alto contenido de metales (Mansilla e Iraizoz, 2012).

En este sentido, se observa una creciente preocupación por la condición del agua que es afectada por la minería; esto debido a que las fuentes de agua dulce se ven afectadas, ya sea a través de su uso intensivo en el procesamiento del mineral, en la descarga de efluentes de mina o en la filtración de los relaves, haciendo cada vez más, que dichas actividades humanas, amenacen las fuentes de agua de las que todos dependemos.

De acuerdo al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2016), la creación, implementación y adecuación de los diferentes Instrumentos de Gestión Ambiental (IGA), en sector minero garantizara la mejora en las prácticas de explotación minera y su relación con el medio ambiente. Si bien con la adecuación de estos instrumentos se han hecho obligatorias las normas y leyes que consideran la variable ambiental como eje importante, aún existen riesgos ambientales que pueden ser causados de impactos ambientales significativos, estos impactos pueden depender de una variedad de factores, como la sensibilidad del terreno local, la composición de los minerales que se extraen, el tipo de extracción de minerales, el

conocimiento y compromiso ambiental de la compañía y sobre todo nuestra capacidad de monitorear y hacer cumplir las regulaciones y normativa ambiental vigente en nuestro país.

Uno de los principales problemas ambientales con respecto a la minería es que esta se ha vuelto más mecanizada y, por lo tanto, capaz de manejar más tipos de rocas y minerales que antiguamente no se manejaban, a medida que la tecnología para extraer minerales de baja ley se desarrolla, también se genera y se incrementa nuevos tipos de contaminantes, volviendo al agua aún más vulnerable, ya que ríos, riachuelos, estanques, lagos, lagunas, entre otros, están propensos a ser contaminados, alterando así la calidad de agua que son usadas por las personas y animales.

Existen muchas formas de tratar el agua residual industrial, utilizando diferentes tipos de materiales para la remoción de determinados contaminantes, pero de acuerdo a lo establecido por Tejada, Villabona y Garcés (2015), una de las técnicas recomendadas para mitigar la presencia de metales pesados en el agua, es la remoción con algas y especies vegetales, es en esta línea que Colorado, Moreno y Pérez (2012), consideran a las algas como una de las fuentes sostenibles de biomasa más prometedoras para un futuro, debido a su gran capacidad para producir y almacenar biomoléculas, las cuales pueden ser utilizadas como: alimentos, combustibles, aditivos, productos agroindustriales e incluso como un potencial floculante para el tratamiento de aguas.

En este orden de ideas, Cuizano y Navarro (2008) destacan que dentro de las ventajas de estas especies en la remoción de metales, radica en que son de bajo costo; tienen propiedades de remoción vista su composición química y presencia de diversos centros de adsorción como fucanoides, alginatos, proteínas fosfatadas; son inocuas (ricas en calcio, magnesio, sodio y

potasio) y su mecanismo de remoción está basado casi exclusivamente a los alginatos (en no menos del 90%), lo cual permite realizar investigaciones más focalizadas.

En este sentido, Borja, García, Yipmantin, Guzmán y Maldonado (2015) en su estudio realizado sobre la biosorción de plomo(II) en el alga *Ascophyllum Nodosum*, establece que el tiempo de contacto entre el plomo(II) y el biosorbente para alcanzar las condiciones de equilibrio es prolongado, cerca de 500 min, en sistemas en donde la concentración de metal sea menor a 25 ppm, pero para concentraciones mayores a 50 ppm se puede reducir hasta 120 min. Como es de esperarse, la capacidad de adsorción se ve favorecida con la disminución del tamaño de partícula y con el incremento de la concentración inicial del metal (p.222). Así como Borja et al. (2015), diversas investigaciones realizadas han demostrado que el uso de algas y materiales provenientes de ellas, pueden remover metales pesados de distintas aguas residuales y sobre todo de aguas residuales industriales provenientes de la industria minera, entre las cuales destacan las de Cuizano y Navarro (2008), Plaza (2012), Shu et al. (2016), Li et al. (2013), Ren et al. (2016), entre otros.

En atención a lo expuesto, se plantea el siguiente problema de investigación ¿En qué medida el biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) podrá remover Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera?

Asimismo, los problemas específicos son los siguientes:

- ¿Cuál será la correlación entre los niveles de Pb(II) y Zn(II) de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera?
- ¿Cuáles serán los porcentajes removidos de Pb(II) y Zn(II) de los efluentes N° 1 y N° 2 de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera

mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) en cada punto muestral?

- ¿Cuáles serán las diferencias entre la concentración de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera tratadas con Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) y los niveles exigidos en el D.S N° 010-2010-MINAM (2010)?

Justificación de la investigación

La población de Cerro de Pasco es considerada una de las localidades más vulnerables, debido a la actividad minera que se desarrolla desde principios de 1900 (Source International de Italia, 2018). Al ser una ciudad netamente minera, la relación entre sus aguas naturales y la contaminación por metales pesados a causa de la minería, se está convirtiendo en un tema que se necesita priorizar, en este sentido Bianchini en 2009, lo confirma en su estudio señalando que las aguas de uso diario en la ciudad de Cerro de Pasco contienen altas concentraciones de aluminio, estaño, cromo, plomo y arsénico, trayendo como consecuencia la afectación al medio ambiente y sobre todo a las poblaciones (Source International de Italia, 2018).

De esta manera, el desarrollo de la minería en el sector ha tenido un impacto que demuestra que no se ha desarrollado de manera sustentable; pero que también ha ocasionado daños a la salud de las personas, así en estudios como los realizados por DIGESA en 1999 o el trabajo elaborado en conjunto por el Instituto Nacional de Salud Ocupacional y el Instituto Nacional de Protección del Medio Ambiente para la Salud en 2002, se demuestra la alta concentración de metales (en especial, plomo) en la sangre de los habitantes del sector, generando múltiples afectaciones a su salud (Source International de Italia, 2018).

En razón de lo anterior, se evidencia que los metales pesados, encontrados en niños que habitan en Cerro de Pasco, constituyen sustancias que son tóxicas, teratogénicas y cancerígenas, las cuales tienen efectos en la salud física y mental de los habitantes (Source International de Italia, 2018). Por lo antes expuesto, la importancia del compromiso ambiental y social de autoridades locales y regionales, toma fuerza al hablar de la mejora de calidad de vida y del aspecto social de la población, haciéndose necesario promover prácticas ambientales tanto a la población, como a las diversas industrias aledañas a ella, a través de charlas, sensibilizaciones y capacitaciones. Por lo que, desde un punto de vista práctico, el presente estudio constituye una evidencia empírica para el desarrollo de tratamientos de bajo costo que permitan la remoción de los metales.

En el aspecto ambiental, el estudio se centra en mitigar o resanar la contaminación de los recursos hídricos debido a actividades de extracción minera, visto que con la expansión de las empresas, el incremento de producción y la demanda de los clientes, estas llegan a causar el deterioro de los recursos naturales, basados en la legislación peruana, la cual ha implementado normas para incentivar las mejoras en temas ambientales como: el Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera (D.S. N° 042-2017-EM), los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas (D.S. 010-2010-MINAM) entre otros, los cuales tienen el objetivo de controlar e inspeccionar, si las actividades que se ejecutan dañan el ambiente, así como analizar las soluciones que deben ejecutar las empresas para mitigar ese daño.

De esta manera, el cumplimiento de estas normativas permitiría mitigar el impacto negativo que puedan producir al ambiente y a su entorno, siendo necesario que las diferentes industrias (incluida la actividad minera), asuman el compromiso y basado en un principios de

responsabilidad social empresarial, participen activamente en la protección del ecosistema y en la reducción del riesgo de la contaminación e impacto en el ambiente, implementando prácticas ambientales en todos sus procesos, no desde una óptica reactiva sino centrándose en un enfoque preventivo frente a alguna emergencia ambiental que se presente (D.S. N°040-2014-EM).

En base a las normativas anteriormente nombradas y en otras internacionalmente reconocidas como la ISO 14001, muchas empresas han ido migrando hacia nuevas tendencias y modelos eco ambientales; mejorando sus procesos, dinamizando sus actividades, reemplazando sus ideas, políticas y sistemas, adecuándose a los nuevos tiempos, adoptando políticas amigables con el ambiente, y comprometiéndose a un desarrollo sostenible (INACAL, 2015). La concepción de este nuevo modelo se sustenta en alcanzar un equilibrio entre ambiente, sociedad y economía, de manera tal de satisfacer las necesidades presentes de los consumidores con rendimientos económicos aceptables, pero garantizando que las generaciones futuras puedan también cubrir sus requerimientos; en otras palabras, desarrollando una actividad que sea sostenible en el tiempo.

Es ese sentido, el uso de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) se distingue como una potencial alternativa para el tratamiento de las aguas residuales industriales, para que de esta manera, se pueda mitigar la presencia de metales tóxicos para la salud como el Pb(II) y el Zn(II). El principal objetivo del uso del Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) para remover metales pesados, es garantizar la calidad de efluente, llegando a límites permitidos para la descarga en el medio acuático, vertiendo un agua limpia y sin metales, apta para el consumo humano y animal, así como para el riego agrícola.

Visto de esta manera, este biomaterial permitiría mejorar la calidad de vida de la población, disminuyendo los costos generados en atenciones hospitalarias por el consumo de agua con

dichos metales, así como, la preservación de flora y fauna del medio natural como del medio acuático. Posterior a la exploración y búsqueda bibliográfica de literatura relacionada a las variables de estudio, se ha comprobado la existencia de escasas investigaciones que aborden el uso de un biopolímero, a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*), para la remoción de la presencia de metales pesados en las aguas residuales industriales producto de la minería. En particular, no se han encontrado estudios delimitados en la zona de estudio, por tal motivo, a partir de esta investigación inédita, los resultados y conclusiones servirán como línea base en cuanto a la utilización de un nuevo biomaterial y su importancia en la descontaminación de las aguas residuales industriales, cubriendo el vacío científico sobre este aspecto en la localidad.

Objetivo general

Determinar la eficiencia de la capacidad de remoción de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera, mediante la aplicación de un biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) químicamente modificado.

Objetivos específicos

- a) Evaluar los porcentajes removidos de Pb(II) y Zn(II) de los efluentes N° 1 y N° 2 de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*).

- b) Comparar la concentración final de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera tratadas con Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) con los niveles exigidos en el D.S N° 010-2010-MINAM (2010).
- c) Determinar si existe una relación directa o indirecta de las concentraciones finales del Pb(II) y Zn(II), de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera tratadas con Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel mundial

Shu et al. (2016) en su estudio realizado “Stability and reusability of alginate-based adsorbents for repetitive lead (II) removal”, Malasia contenido en la editorial ELSERVIER (revista Polymer Degradation and Stability), establecieron como objetivo investigar la estabilidad del Alginato de Calcio, en forma de perlas para la eliminación de plomo, con el estudio se logró determinar la eficiencia de las perlas, las cuales de acuerdo a los resultados obtenidos podían ser reutilizadas hasta por 10 ciclos consecutivos de sorción, a su vez se logró determinar que el HNO_3 a 0,10 M es el eluyente más apropiado con una eficiencia de adsorción mayor al 90%, completándose dicho proceso en un tiempo de dos horas, así mismo las perlas se mantuvieron intactas durante su reutilización, pero a medida de cada reutilización su tamaño se disminuía. Finalmente, concluyeron que las perlas a base de Alginato, son viables a un largo plazo para la eliminación de metales pesados en una solución acuosa.

Por otra parte, Li et al. (2013) en su investigación titulada “Novel magnetic beads based on sodium alginate gel crosslinked by zirconium(IV) and their effective removal for Pb^{2+} in aqueous solutions by using a batch and continuous systems” contenida en la editorial ELSERVIER (revista Bioresource Technology), China establecieron perlas de Alginato de Sodio magnético, las cuales fueron usadas como adsorbentes para la eliminación de iones de Pb(II) en soluciones acuosas, determinando su alta capacidad de adsorción, cinética y alta selectividad hacia los iones Pb(II) , estableciendo una capacidad máxima de adsorción de 333.33

mg/g. Al respecto, concluyeron que las perlas de Alginato de Sodio magnético podrían ser utilizadas como un adsorbente competente para la eliminación de Pb(II) en las aguas residuales.

Cheshmeh, Khorramabadi, Khataee, y Jorfi (2014) en su trabajo de investigación denominado “Silica nanopowders/alginate composite for adsorption of lead (II) ions in aqueous solutions” contenido en la editorial ELSEVIER (revista Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers), Taiwán estudiaron la adsorción de iones de Pb(II) mediante un material a base de Alginato de Calcio y Sílice, determinando en dicho estudio un pH óptimo de 5.0, para una adsorción de 36,51 mg/g, en un tiempo de contacto de 90 minutos. Finalmente, determinaron como capacidad máxima de adsorción un total de 83.33 mg/g, determinando a su vez que el aumento del tiempo de contacto, de 5 a 20 min, también genera el aumento del rendimiento específico del material de 8.42 a 11.22 ml/g, respectivamente.

Ren et al. (2016) en su estudio titulado como “Efficient Pb(II) removal using sodium alginate – carboxymethyl cellulose gel beads: Preparation, characterization, and adsorption mechanism”, contenido en la editorial ELSEVIER (revista Carbohydrate Polymers), China utilizaron las perlas de gel de a base de Alginato y carboximetil celulosa para la remoción de Pb(II), demostrando que la adsorción de Pb(II) superó el 99% en condiciones óptimas, a su vez se comprobó que, la adsorción química es el principal método de adsorción entre estos mecanismos.

Cataldo, Gianguzza, Milea, Muratore y Pettignano (2016) presentaron la investigación bajo el título “Pb(II) adsorption by a novel activated carbon alginate composite material. A kinetic and equilibrium study” contenido en la editorial ELSEVIER (revista International Journal of Biological Macromolecules), Italia se plantearon el objetivo de desarrollar un material adsorbente, nuevo y más eficiente para eliminar el ion Pb(II) de una solución acuosa, logrando

crear un material compuesto por carbón activado y alginato de calcio, el cual demostró que, a un pH igual a 5.0 el material utilizado, es capaz de eliminar las especies cargadas positivamente de Pb(II) que están unidas por los grupos de unión carboxílico del material adsorbente.

Bée, Talbot, Abramson y Dupuis (2011) en su estudio denominado “Magnetic alginate beads for Pb(II) ions removal from wastewater” contenido en la editorial ELSERVIER (revista Journal of Colloid and Interface Sciencela), Francia, desarrollaron un adsorbente magnético basado en perlas de Alginato de calcio, para la adsorción de iones Pb(II), desarrollando a su vez la investigación del efecto de la concentración inicial, el tiempo de contacto y el valor de pH. Se logró determinar para la capacidad máxima de adsorción un pH oscilante de 2.3 – 6 y una sorción máxima cerca a los 100 mg/g, así mismo el 50% de los iones Pb(II) se eliminaron en 20 minutos y el equilibrio se alcanzó alrededor de 100 minutos, concluyendo así que las perlas magnéticas de Alginato podrían usarse eficientemente para eliminar metales pesados en un proceso de tratamiento de agua.

Wu et al. (2016) en su trabajo con el título “Effective Adsorption of Pb(II) Ions by Gel Beads of Sodium Alginate and Polyethylene Glycol” contenido en la editorial ELSERVIER (revista Journal of residuals science and technology), China, prepararon perlas utilizando Alginato de sodio y polietilenglicol para eliminar los iones Pb(II) de las soluciones acuosas, logrando determinar que la adsorción máxima se logró a 25°C, a un pH = 5.0, a una concentración inicial de Pb(II) de 5 mg/L y 0.8 g del sorbente, lográndose determinar a la adsorción química como el principal mecanismo de adsorción de Pb.

Wang, Vincent, Faur y Guibal (2016) en su estudio denominado “Alginate and Algal-Based Beads for the Sorption of Metal Cations: Cu(II) and Pb(II)” contenido en la editorial ELSERVIER (revista International Journal of Molecular Sciences), Francia, utilizaron perlas de

alginato y algas-biomasa en experimentos de sorción, para evaluar el impacto del pH, las isothermas de sorción y la cinética de absorción, obteniendo capacidades máximas de sorción para las perlas de alginato en 415,296 mg/g para el Pb(II) y 112, 77 mg/g para Cu(II), representando una mayor sorción con respecto a las perlas de algas que tuvieron una sorción 218 mg/g para el Pb(II) y 67 mg/g para Cu(II), a pesar de eficiencia el estudio recomienda el uso de las perlas de algas debido a que es la opción más ecológica y económica para aplicaciones ambientales.

Celis-Plá, Brown, Santillán-Sarmiento, Korbee, Sáez y Figueroa (2018) realizaron un estudio bajo el título “Ecophysiological and metabolic responses to interactive exposure to nutrients and copper excess in the brown macroalga *Cystoseira tamariscifolia*” contenido en la editorial ELSERVIER (revista Marine Pollution Bulletin) con el fin de investigar cuál es la respuesta ecofisiológica y metabólica de la macroalga *Cystoseira tamariscifolia* respecto al exceso de cobre y nutrientes. En el caso particular del cobre, se observó que para dos niveles distintos (0.5 y 2.0 μM) durante dos semanas, se incrementó el rendimiento cuántico máximo (F_v / F_m), la velocidad máxima de transporte de electrones, los pigmentos fotosintéticos y los compuestos fenólicos ante niveles de cobre más altos, evidenciando la capacidad del alga del Atlántico de concentrar intracelularmente el cobre y mostrando mecanismos eficientes de exclusión de metales.

Figueroa et al. (2011) en su estudio “Valorización de la biomasa de macroalgas en acuicultura multitrófica integrada (AMTI): aplicaciones en cosmética y nutraceútica (fotoprotectores y antioxidantes)” presentado como capítulo del libro Macroalgas en la Acuicultura Multitrófica Integrada Peninsular, señalan que al duplicar los contenidos de aminoácidos tipo micosporina (MAAs), el cual está presente especialmente en algas rojas, demuestra la alta capacidad

antioxidante en varios MAAs aislados de líquenes (micosporina-glicina) y de algas rojas (porphyra-334, chinorina y asterina-330), al concentrar niveles altos de amonio ligado o unido a cualquier metal.

2.1.2. A nivel sudamericano

Vizcaíno (2015) presentó el estudio “Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna”, desarrollado en la Universidad de La Guajira, Fonseca, Colombia, con el objetivo fue disminuir la concentración de metales pasados. Con una metodología de tipo básico-experimental. Los resultados mostraron una eficiencia similar de las tres biomazas para remover Cd y Pb, con promedios superiores al 95%, mientras que el Zn se removió con mejor eficiencia (62%) al emplear tuna modificada como adsorbente. Finalmente, el material se calcinó a 700 °C con lo que se obtuvo una ceniza estable frente a soluciones ácidas, lo cual garantiza la captura de los metales removidos.

Por otra parte, Plaza (2013) presentó la tesis doctoral titulada “Remoción de metales pesados empleando algas marinas” en la Universidad de la Plata, Argentina, en la cual se planteó como objetivo remover metales pesados con la aplicación de algas marinas mediante la aplicación de un diseño experimental. De esta manera, concluyó que a pesar de que ambas especies de algas pertenecen la misma familia, presentaron diferencias en cuanto a sus características físicas (estructura, morfología, porosidad) y químicas (contenido de Alginato, proteínas, grupos funcionales, CIC), que influyen en sus propiedades como biosorbente. De esta manera, se comprobó que el pH influye en la especiación de los metales y en el grado de protonación de los sitios activos presentes en la pared celular del alga, afectando el proceso de biosorción.

Perenguez y Valdéz (2017) presentaron el estudio “Análisis de remoción de cadmio por acción de la *Microalga Chlorella Sp. inmovilizada en perlas de Alginato*”, como tesis para optar el título de ingeniero en la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. En esta investigación, el objetivo consistió en remover el cadmio con algas, aplicando para ello un diseño no experimental. Luego de obtener los resultados, los autores concluyeron que a bajas concentraciones de metal (20 ppm) la microalga potencia su capacidad de remoción logrando un porcentaje de remoción de 59, 67% con *Chlorella sp.*, siendo significativamente mayor que la remoción presentada sin *Chlorella sp* (55,56%). Asimismo, se estableció que el mejor período de remoción fue a los primeros 10 min, en donde tanto el tratamiento utilizando perlas Alginato con *Chlorella sp.*, como el tratamiento sin microalga presentaron la mayor velocidad de remoción en relación a los demás tiempos de tratamiento.

Moeene, González y Sáez (2016) en su estudio denominado “Mechanisms of metal tolerance in marine macroalgae, with emphasis on copper tolerance in Chlorophyta and Rhodophyta” contenido en la editorial ELSEVIER (revista Aquatic Toxicology), Chile, determinaron a través de la revisión de diversos estudios que las macroalgas verdes y rojas constituyen una eficiente opción para remover el cobre, visto que estas plantas acuáticas contienen mecanismos de exclusión celular que permiten la síntesis de los compuestos quelantes del metal, activando un sistema antioxidante. Entre estos mecanismos se pueden señalar: la alianza del metal a la pared celular y los epibiontes; síntesis de metalotioneínas y fitoquelatinas que se acumulan en el citoplasma; y el incremento de la actividad de las enzimas antioxidantes como el superóxido dismutasa, el ascorbato peroxidasa, la peroxidasa y la catalasa y un nivel de producción más alto de metabolitos antioxidantes como el ascorbato en los orgánulos y el citoplasma.

2.1.3. A nivel nacional

Borja et al. (2015) en su estudio contenido en la Revista de la Sociedad Química del Perú, “Estudio de la cinética de biosorción de plomo (ii) en alga *Ascophyllum Nodosum*”, analizaron la biosorción de plomo (II) en alga *Ascophyllum Nodosum*, estableciendo que el tiempo de contacto entre el plomo (II) y el biosorbente para alcanzar las condiciones de equilibrio será extenso (cerca de 500 min) en sistemas en donde la concentración de metal sea baja (menor a 25 ppm), pero para concentraciones mayores a 50 ppm se puede reducir hasta 120 min. De esta manera, como se había previsto, la capacidad de adsorción se ve favorecida con la disminución del tamaño de partícula y con el incremento de la concentración inicial del metal.

Chulle y Villalobos (2016) presentaron la tesis “Remoción de metales pesados (mercurio y plomo) de soluciones acuosas sintéticas a diferentes concentraciones utilizando la microalga dulceacuícola *Scenedesmus acutus*” para optar el título de licenciado en Biología en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Al respecto, el objetivo planteado consistió en establecer los niveles de remoción de mercurio y plomo de soluciones acuosas sintéticas por la microalga *Scenedesmus acutus* y evaluar el efecto de estos metales sobre el crecimiento celular. Así, basándose en el diseño experimental, concluyeron que se logró remover los porcentajes de 97,68% para plomo y 93% para mercurio después de 4 días de exposición a los metales, los niveles de remoción disminuyeron cuando las concentraciones de ambos metales se incrementaron.

2.1.4. A nivel local

Dentro del departamento de Cerro de Pasco, especialmente en el Distrito de Huayllay, no se disponen de estudios previos o investigaciones que anteriores que aborden el uso del Alginato

de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) para los diferentes tratamientos de agua residual industrial, representando el presente estudio una línea base para futuros estudios.

2.2. Aguas residuales

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2015) define como aguas residuales a aquellas cuyas características naturales han sido modificadas por actividades antropogénicas y debido a ello, requieren de un tratamiento previo antes de ponerse en contacto con el ser humano y el medio ambiente. A su vez la UNESCO (2017) señala que, la composición exacta de las aguas residuales varía en todo el mundo y está determinada por un amplio conjunto de factores, entre los cuales se consideran el uso doméstico del agua y el grado de comercialización e industrialización de la fuente de origen.

2.3. Clasificación de aguas residuales

Las aguas residuales se clasifican, de acuerdo a su procedencia y contenido, en:

2.3.1. Agua residual industrial

Motito, Rosseaux y Del Toro (2014) definen este tipo de agua residual como aquellas procedentes de cualquier actividad industrial en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación de materia prima se utilice el agua, a estos también se les incluye los líquidos residuales (efluentes), aguas de proceso y aguas de drenaje. Por otra parte, la OEFA (2015) destaca que estas aguas resultan del desarrollo de un proceso productivo; por lo que los contaminantes dentro ellas dependen mucho del tipo de industria del que provienen (minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras).

2.3.2. Agua residual doméstica

OEFA (2015) describe estas aguas como aquellas de origen residencial y comercial que contienen excrementos humanos (microorganismos patógenos), nutrientes y materia orgánica, también pueden contener contaminantes emergentes como productos farmacéuticos y fármacos entre otros, generalmente son provenientes de la actividad humana.

2.3.3. Agua residual municipal

Este tipo de agua residual, señala la OEFA (2015) que se refieren a aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, contienen una amplia gama de contaminantes, tales como microorganismos patógenos, nutrientes y materia orgánica, metales pesados, entre otros, estas deben ser previamente tratadas, para poder ser descargadas a los sistemas de alcantarillado.

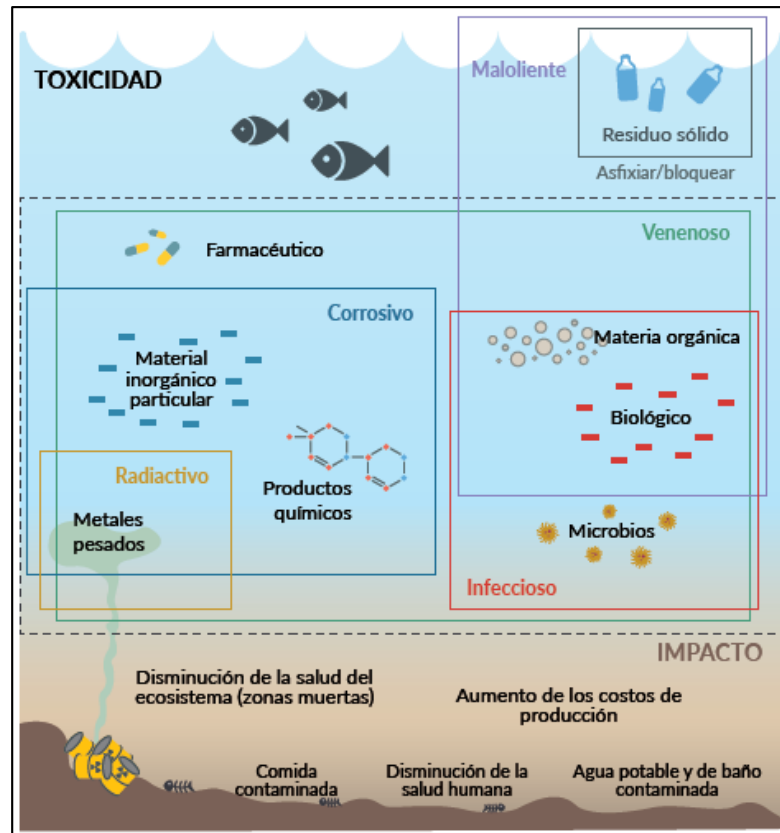
2.4. Composición de las aguas residuales industriales

De acuerdo a la UNESCO (2017) en su Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos, el agua residual se compone por 99% de agua y 1% de sólidos aproximadamente, además señala que la composición de aguas residuales industriales puede ser: metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos (hidrocarburos), bifenilos policlorados (PCB), contaminantes orgánicos persistentes (COP), compuestos orgánicos volátiles (COV), disolventes clorados, entre otros. Es en esta línea que el Informe Mundial de

las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos, resume los componentes de las aguas residuales industriales y las consecuencias que estas generan en la Figura 1.

Figura 1

Componentes de aguas residuales y sus efectos.



Fuente: UNESCO (2017)

Por otra parte, Raffo y Ruiz (2014) estipulan que el agua residual industrial varía de acuerdo a cada tipo de actividad industrial y al proceso que realizan, caracterizándose cada uno de ellos por diferentes tipos de contaminantes, generando diferentes impactos de acuerdo al tipo de contaminante que se vierte. En ese sentido, la UNESCO (2017) resume una amplia gama de contaminantes de acuerdo al tipo de industria en la tabla 1.

Tabla 1*Contenido de aguas residuales típicas en algunas industrias importantes*

Industria	Contenido típico de los efluentes
Pulpa y papel	<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos lignosulfónicos clorados, ácidos de resina clorados, fenoles clorados e hidrocarburos clorados. • Alrededor de 500 compuestos orgánicos clorados identificados compuestos coloreados y halógenos orgánicos absorbibles (aOX). • Contaminantes que se caracterizan por DBO, DQO, sólidos en suspensión (SS), toxicidad y color. • Agua de enfriamiento que contiene amoníaco y cianuro.
Hierro y acero	<ul style="list-style-type: none"> • Productos de gasificación: benceno, naftaleno, antraceno, cianuro, amoníaco, fenoles, cresoles hidrocarburos, aromáticos policíclicos. • Aceites hidráulicos, sebo y sólidos en partículas. • Agua ácida de enjuague y residuos de ácidos (clorhídrico y sulfúrico)
Minas y canteras	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de partículas de roca y limos con partículas muy finas • Aceites y aceites hidráulicos • Metales pesados (minerales no deseados) • Altos niveles de concentraciones de DBO y SS, DBO y pH variable según la verdura, fruta o carne y la estación
Industria de alimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento de verduras: partículas altas, algunos compuestos orgánicos disueltos, tensioactivos. • Carne: orgánicos fuertes, antibióticos, hormonas de crecimiento, pesticidas e insecticidas • Gastronomía: material orgánico vegetal, sal, saborizantes, materia colorante, ácidos, álcalis, aceite y grasa
Destilación	<ul style="list-style-type: none"> • DBO, DQO, SS, nitrógeno, fósforo, variable por procesos individuales • Variable de pH debido a agentes de limpieza ácidos y alcalinos • Temperatura alta
Químicos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Pesticidas, productos farmacéuticos, pinturas, tintes, productos petroquímicos, detergentes, plásticos, etc. • Materiales de productos base, subproductos, material de producto en forma soluble o en partículas, agentes de lavado y limpieza, disolventes y productos de valor agregado tales como plastificantes • DBO, DQO, metales, sólidos en suspensión, urea, sal, sulfuro, H₂O₂, NaOH
Textiles	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfectantes, biácidas, residuos de insecticidas, detergentes, aceites, lubricantes de tejer, acabados para hilar, solventes usados, compuestos antiestáticos, estabilizantes, agentes tensioactivos, auxiliares orgánicos de procesamiento, materiales catiónicos, color • Acidez o alcalinidad alta • Materiales tóxicos, residuos de limpieza.
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de combustibles fósiles: Contaminación de pozos de petróleo y gas y fracking • Agua de calefacción/enfriamiento

Fuente: UNESCO (2017).

2.5. Problemática actual de las aguas residuales industriales en el Perú

Como se ha mencionado previamente, toda actividad industrial y, particularmente, la industria minera tiene y requiere de un contacto directo con el agua para la realización de sus procesos, basados en este precepto el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (2015), establece los principales usos que en dicha actividad se le da a ese recurso natural, resumiéndola en la tabla 2.

Tabla 2

Usos de agua en la minería

Actividad	Usos
En exploraciones	<ul style="list-style-type: none"> • Perforaciones • Disposición de lodos y descarga al medio ambiente • Servicios
En mina	<ul style="list-style-type: none"> • A tajo abierto: Riego de caminos para reducir polvo. • Subterránea: Consumo reducido + Extracción de agua.
En plantas concentradoras	<ul style="list-style-type: none"> • Flotación • Reusó en el proceso
Como medio de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Minero ducto de concentrados o de minerales • Transporte de relaves
En hidrometalurgia	<ul style="list-style-type: none"> • Lixiviación en pilas • Transporte de soluciones y procesamiento hidrometalúrgico (extracción por solventes)
Fines ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de la fauna y flora
Otros	<ul style="list-style-type: none"> • En fundición y refinería • En campamentos • Otros fines poblacionales y apoyo social

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (2015).

Conforme se evidencia en la tabla 2, el agua se emplea de distintas maneras en la industria; asimismo, la cantidad empleada depende de la cantidad de mineral que se extrae. En este contexto, el Instituto de Ingenieros de Minas Del Perú (2015) ha contabilizado la cantidad de agua usada para pequeña, mediana y gran minería, tal como se refleja en la tabla 3; observándose la mayor relación de agua en m³ por tonelada en la mediana minería.

Tabla 3

Demanda de agua en la minería convencional

Tamaño de operación	Minado (%)	Concentración (%)	Población (%)	Relación agua/mineral (m3/ton)
Gran Minería (>15,000 tpd)	3	85	12	1.00
Mediana Minería (1,000 – 15,000 tpd)	14	59	27	3.70
Pequeña Minería (<1,000 tpd)	8	72	20	3.00

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (2015).

En el mismo sentido y, conforme lo presenta Aquino (2017), la demanda del uso de agua para la actividad minera equivale a 272.53 hm³, de esta cantidad el 57% se encuentra en la costa y el 41% se encuentra en la sierra del Perú, dejando las demandas para la minería resumidas según lo reflejado en la figura 2.

Figura 2

Demanda total del uso de agua.

REGIÓN HIDROGRÁFICA	USOS CONSUNTIVOS (hm ³ /año)							
	AGRÍCOLA	POBLACIONAL	INDUSTRIAL	MINERO	PECUARIO	RECREATIVO	TURÍSTICO	TOTAL
Pacífico	19 041.54	1779.15	170.82	155.85	1.90	4.65	0.00	21 153.92
Amazonas	3017.31	493.84	78.48	110.70	47.92	17.80	1.00	3767.04
Titicaca	1106.94	46.75	0.08	5.98	0.00	0.00	0.00	1159.75
TOTAL (hm³/año)	23 165.79	2319.74	249.38	272.53	49.82	22.45	1.00	26 080.71

Fuente: Aquino (2017).

Al determinar la demanda de agua usada por la industria minera para sus actividades es indudable relacionar el uso de ese recurso natural con la cantidad de efluentes y/o vertimientos que se genera, hasta el año 2015 la Autoridad Nacional del Agua (ANA) autorizó el vertimiento de un total de 333.08 hm³ de aguas residuales tratadas, reusándose solo el 2% del volumen total, vertiendo lo restante sobre los diferentes cuerpos de agua, traduciéndose este escenario a un potencial conflicto socio-ambiental en el país (Aquino, 2017).

Es en este sentido que, lo descrito por Raffo y Ruiz (2014) toma preponderancia, al afirmar que en el Perú, la contaminación del agua por metales pesados debido a la minería es uno de los principales conflictos socio-ambientales, esto es debido a que las actividades que se realizan en dicha industria generalmente surgen cerca a inicios de cuenca, precisamente donde nacen las fuentes de agua, haciéndose más vulnerable al contacto con sustancias altamente tóxicas y peligrosas, como ácidos y metales pesados, los cuales al contacto con el agua, afectan cultivos, animales, hasta llegar a los pobladores.

Lo anteriormente mencionado se determinó en su estudio realizado en la ciudad de Cerro de Pasco, en donde denunciaron que el aire y el agua de la zona están contaminados y afectan a la salud de toda la población, confirmando estos resultados en lo expuesto por la DIGESA Pasco en el 2014, donde se reporta la presencia de metales en el agua para uso humano con una concentración de 2.300 mg/l de Pb, superando lo establecido en el ECA - Agua (0.05 mg/l) (Raffo y Ruiz, 2014).

2.6. Manejo de las aguas residuales industriales en el Perú

De acuerdo a la Ley General de Aguas D.L. N° 17752, en su Artículo 22: “Está prohibido verter o emitir cualquier residuo sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas, causando daños o poniendo en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna o comprometiendo su empleo para con otros usos. Podrán descargarse únicamente cuando: a) Sean sometidos a los necesarios tratamientos previos (...)”.

En este contexto, el sector minero tiene el deber de cumplir dicho requisito, obligándolo a realizar el vertimiento de aguas residuales industriales con un previo tratamiento antes de entrar en contacto con el medioambiente. A pesar de ello, Aquino (2017) señala que en el Informe de Tratamiento y reúso de las Aguas Residuales (2017), la gestión de aguas residuales en el Perú continúa siendo inadecuada, representando todavía un riesgo importante tanto para la salud, la calidad de vida y sobre todo para el medio ambiente.

Basado en lo anterior la Autoridad Nacional del Agua (ANA) determina que anualmente los diferentes sectores vierten en promedio 433.68 hm³/año sobre los cuerpos de agua, siendo el vertimiento de la minería el más importante con una descarga equivalente al 55.03% de agua residual tratada (Aquino, 2017). Esta información se evidencia en la figura 3.

Figura 3

Promedio anual (hm³/año) de descarga anual de aguas residuales tratadas en el Perú.

SECTOR	VERTIMIENTO PROMEDIO HM ³ /AÑO	PORCENTAJE (%)
Minería	251.72	55.03
Saneamiento	159.47	34.86
Energía	31.90	6.97
Pesquería	8.35	1.83
Industria	2.81	0.62
Agricultura	1.83	0.40
Otros	1.36	0.30

Fuente: Aquino (2017).

Asimismo, según el registro 2009-2017 (ANA), la minería vertió el 58.83% de agua residual tratada representando un total de 1,835.87 hm³ (Aquino, 2017), tal como se evidencia en la figura 4.

Figura 4

Porcentajes de vertimiento de aguas residuales tratadas según sector.

SECTORES	VERTIMIENTO TOTAL ACUMULADO 2009-2017 (hm ³)	%
Minería	1835.87	58.83%
Saneamiento	960.89	30.79%
Energía	224.27	7.19%
Pesquería	59.05	1.89%
Industria	22.73	0.73%
Agricultura	14.93	0.48%
Otros	2.72	0.09%

Fuente: Aquino (2017).

Por lo antes expuesto, se han constituido varias organizaciones para el seguimiento y fiscalización del óptimo manejo medio ambiental; entre ellos, se creó el Organismo de

Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) encargado de impulsar y promover el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, con el fin de resguardar el equilibrio entre la inversión en actividades económicas y la protección ambiental (Aquino, 2017).

2.7. Contaminación del agua con metales pesados con Plomo (Pb) y Zinc (Zn)

2.7.1. Contaminación del agua con Plomo (Pb)

De acuerdo a la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, 2016), el plomo es uno de los metales pesados, que se fusiona a baja temperatura, tiene un color gris-azulado y generalmente se encuentra combinado con dos o más elementos formando compuestos de plomo. De igual manera, el plomo está presente en forma natural dentro del ambiente y llega a ser contaminante cuando entra en contacto con el ambiente por emisiones desde minas de plomo y otros metales, si las partículas de plomo presentes en la atmósfera son pequeñas serán capaces de viajar larga distancia, siendo removidas a través de la lluvia que caen al suelo o a aguas superficiales (ATSDR, 2016).

Asimismo, la presencia de plomo en aguas superficiales se debe a la descarga de efluentes provenientes de industrias que manejan plomo en sus actividades como la minería, la cual representa una de las fuentes principales de contaminación con plomo de fuentes de agua superficial.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2017) determina que un nivel máximo de presencia de plomo en el agua potable el cual puede ser aceptable por el cuerpo humano debe de ser cero, esto debido a que el plomo es un metal tóxico capaz de afectar la salud humana, aun así, esté presente en cantidades mínimas, esto debido a que por sus características es un material persistente y bioacumulable.

En ese sentido, Alberto (2014) citado por Londoño, Londoño y Muñoz (2016), afirma que en el 2016, dentro de nuestros huesos la presencia se ubicaba de 400 a 1000 veces más plomo que hace 400 años, esto debido a que dicho metal se puede encontrar en alimentos y productos industriales, generando deterioro en la salud de los niños afectando los diferentes órganos, incluyendo su desarrollo y capacidad mental. Al respecto, los efectos que causa el plomo, independientemente de la fuente de ingreso al cuerpo son: daños al sistema nervioso, produciendo debilidad en los dedos, las muñecas o los tobillos, produciendo también anemia, daños serios al cerebro y los riñones e incluso la muerte (ATSDR, 2016).

Asimismo, Source International de Italia (2018), afirma que la exposición de los niños en zonas como Pasco en Perú mediante el consumo de agua potable contaminada, se ha incrementado entre 2009 y 2016, sobrepasando el 20%. En este sentido, se demuestra que si el agua para consumo humano tiene un pH menor a 7 obedece a la presencia de plomo.

2.7.2. Contaminación del agua con Zinc (Zn)

El zinc es uno de los metales pesados más presentes en el ambiente, ya sea en el aire, el suelo o el agua, y en los alimentos que consumimos, normalmente se encuentra en forma de sulfuro de zinc, el zinc es de color blanco-azulado; comúnmente se usa para revestir hierro y otros metales previniendo el enmohecimiento y la corrosión (galvanización) (ATSDR, 2016).

El contacto del zinc con el medio ambiente (bien sea en el aire, el agua o el suelo), se da de manera natural mediante las actividades humanas, siendo la minería, la refinación, la producción de acero, la incineración de carbón y de desperdicios las principales fuentes de incremento de zinc en la atmosfera (ATSDR, 2016).

En este sentido, debe señalarse que este metal se encuentra en aguas superficiales por la descarga de efluentes de industrias y aguas residuales domésticas a corrientes de agua (ATSDR, 2016). Según este organismo, la mayor cantidad de zinc en una fuente de agua superficial suele estar al fondo; sin embargo, una mínima cantidad en forma de partículas finas puede estar disueltas o suspendidas en el agua (ATSDR, 2016).

La mayor parte del zinc que contamina el agua en los ríos proviene de los efluentes de la actividad industrial, observándose una disminución en la calidad ambiental de la misma (Source International de Italia, 2018). Estas aguas deben ser tratadas para evitar daños en la salud del ser humano por su consumo directo, pero también para evitar afectaciones en el ganado o en las plantas.

La inhalación de grandes cantidades de zinc, en forma de vapor o polvo puede producir fiebre de vapores de metal, una enfermedad corta que cesa al momento de culminar la exposición con el metal; no obstante, el consumo excesivo zinc a través de alimentos, agua o suplementos dietéticos producen calambres estomacales, náusea y vómitos, así también en un largo tiempo de exposición puede producir anemia, daño al páncreas y disminución de colesterol beneficioso (HDL) en la sangre (ATSDR, 2016).

2.8. Parámetros de control de efluentes de actividades mineras

Para el presente trabajo se tomara como referencia el D.S N° 010-2010-MINAM, en el cual se establecen los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas. En dicho decreto se estipula que el concepto de Límite Máximo Permisible se refiere a la “(...) medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido y

que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (...)” (D.S. 010–2010–MINAM, 2010). Adicionalmente, se establecen los parámetros expresados en la tabla 4.

Tabla 4

Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas.

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos totales en suspensión	mg/L	50	25
Aceites y grasas	mg/L	20	16
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

(*) De muestras no filtradas

Fuente: D.S N° 010-2010-MINAM (2010).

Igualmente, dentro de la norma se definen los términos “límite en cualquier momento”, como “(...) valor del parámetro que no debe ser excedido en ningún momento (...)” y “límite para el promedio anual”, como “(...) valor del parámetro que no debe ser excedido por el promedio aritmético de todos los resultados de los monitoreos realizados durante los últimos doce meses previos a la fecha de referencia, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes y el Programa de Monitoreo” (D.S. 010–2010–MINAM, 2010).

2.9.Marco legal

En nuestro país, se han realizado y aprobado normas que son de gran importancia para el desarrollo de una sociedad con una conciencia ambiental, a favor y en equilibrio con las actividades económicas más influyentes en el país, de las cuales para el siguiente estudio tomaremos en cuenta las siguientes:

2.9.1. Constitución Política del Perú

En el Artículo 2 - Inciso 22, “Derechos Fundamentales de la persona”, indica que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, a su vez establece la relación necesaria existente entre la persona y el medio ambiente. Por otra parte, en el Capítulo II – “El ambiente y los recursos naturales”, señala que los recursos naturales, renovables y no renovables, entre ellos el agua, son patrimonio de la nación y el estado es soberano en su aprovechamiento, fijando las condiciones de utilización y otorgamiento a particulares (industrias), otorgando al titular un derecho real sujeto, a dicha norma legal (Constitución Política del Perú, 1993).

2.9.2. Ley General del Ambiente - Ley N° 28611

En su Título Preliminar: Derechos y Principios, Artículo I (Del derecho y deber fundamental), señala que “toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la

diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país” (Ley N° 28611, 2005).

Asimismo, en el Título II (De los Sujetos de la Gestión Ambiental), Capítulo 4 (Empresa y Ambiente), Artículo 74, declara que “Todo titular de operaciones es responsable por las emisiones, efluentes, descargas y demás impactos negativos que se generen sobre el ambiente, la salud y los recursos naturales, como consecuencia de sus actividades. Esta responsabilidad incluye los riesgos y daños ambientales que se generen por acción u omisión” (Ley N° 28611, 2005)

Por otro lado, en el Título III (Integración de la Legislación Ambiental), Capítulo 3 (Calidad Ambiental), Artículo 121, se especifica que “El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes” (Ley N° 28611, 2005).

Además, en el Artículo 122.3 expresa “Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través de terceros debidamente autorizados a o a través de las entidades

responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia” (Ley N° 28611, 2005).

2.9.3. Ley General de Recursos Hídricos - Ley N° 29338

En el Título V (Protección del Agua), Artículo 79 (Vertimiento de agua residual) se establece que “La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP)”, determinando también que si algún vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática o sus bienes, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, así también en caso que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas (Ley N° 29338, 2009).

De esta manera, en el Artículo 80 (Autorización de vertimiento), declara “Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva” (Ley N° 29338, 2009).

2.9.4. DS-010-2010-MINAM “Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero – Metalúrgicas”

En el Artículo N°1 de este decreto se decide “Aprobar los Límites Máximos Permisibles - LMP, para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas de acuerdo

a los valores que se indica en el Anexo 01 que forma parte integrante del presente Decreto Supremo” (D.S. 010–2010–MINAM, 2010). Además, en su Artículo N° 3, se define como Efluente Líquido de Actividades Minero – Metalúrgicas, como “Cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores, que proviene de:

- a) Cualquier labor, excavación o movimiento de tierras efectuado en el terreno cuyo propósito es el desarrollo de actividades mineras o actividades conexas, incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte y cierre de minas, así como campamentos, sistemas de abastecimiento de agua o energía, talleres, almacenes, vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público), y otros;
- b) Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación magnética, amalgamación, reducción, tostación, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros;
- c) Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociado con actividades mineras o conexas, incluyendo plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos;
- d) Cualquier depósito de residuos mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros;
- e) Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras;
y,
- f) Cualquier combinación de los antes mencionados.” (MINAM, 2010)

2.10. Tipos de tratamiento de aguas residuales industriales

En el estudio bibliográfico realizado por Caviedes et al. (2015), se detalla la existencia de diferentes técnicas convencionales y no convencionales utilizadas para la remoción de metales pesados, entre las cuales destacan como técnicas convencionales a: filtración por membrana (electrodialisis, osmosis inversa, nanofiltración y ultrafiltración), intercambio iónico, adsorción (carbón activado y nanotubos de carbono), precipitación química, electrocoagulación, coagulación/floculación, electro floculación, flotación y fotocatalisis en la degradación de metales pesados. Por otro lado, las técnicas no convencionales señaladas fueron adsorbentes de bajo costo y nuevos adsorbentes, adsorción de metales pesados por materiales naturales agrícolas e industriales, fitorremediación, biopolímeros, hidrogeles y ceniza volante.

Asimismo, Oré, Lavado y Bendezú (2015) destaca que los métodos convencionales más utilizados son: el intercambio iónico, la osmosis inversa y la coagulación/floculación, y el método no convencional más utilizado es el uso de biopolímeros.

2.10.1. Intercambio iónico

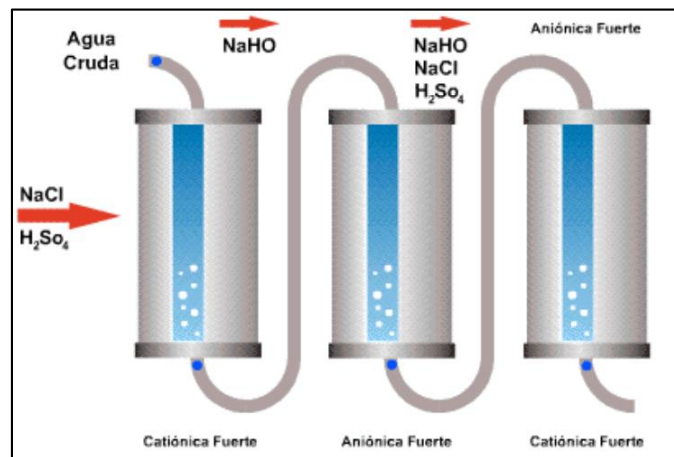
El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI, 2015) define el intercambio iónico como un proceso fisicoquímico de intercambio reversible de iones entre fase líquida y sólida donde no existe un cambio permanente en la estructura de la fase sólida. Por otra parte, la Universidad Tecnológica Nacional (2015) define al intercambio iónico como un proceso en el que los iones de las especies en disolución expulsan a los iones insolubles en un determinado material de intercambio, normalmente este tratamiento se usa para el ablandamiento de aguas residuales domésticas, ya que de acuerdo a sus características los iones de calcio y magnesio son sustituidos por iones sódicos de la resina catiónica, reduciendo así la dureza del agua. Los

intercambiadores de iones tienen un flujo descendente, es decir el agua residual entra por encima del intercambiador a una cierta presión y desciende a través del lecho de resina extrayéndose por la parte inferior, lavándolos cuando dichas resinas ya estén saturadas.

A su vez Caviedes et al. (2015), señalan como principales ventajas del intercambio iónico, a la recuperación del metal y a la menor cantidad de volumen de lodos producidos. De acuerdo a BossTech, una representación gráfica del intercambio iónico se muestra en la figura 5.

Figura 5

Representación gráfica del Intercambio Iónico.



Fuente: BossTech (2018).

2.10.2. Osmosis inversa

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI, 2015) define a la ósmosis inversa como un proceso que revierte, el flujo de agua natural de ósmosis, aplicando presión de modo tal que el agua pase desde una solución concentrada a una solución más diluida a través de una membrana semipermeable. Debido a la concentración de contaminante que existe en el agua

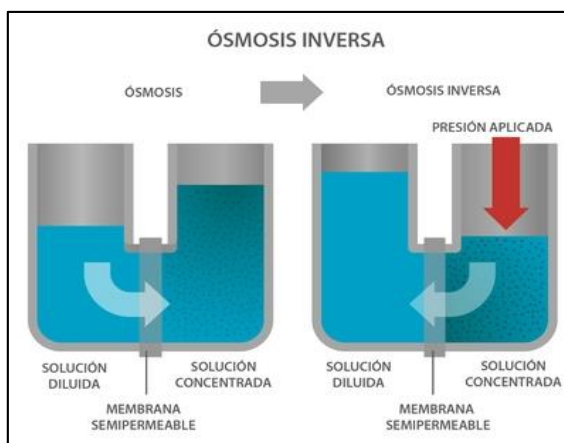
residual en algunos casos es necesario un pre-tratamiento antes de la osmosis inversa, para así evitar el deterioro de las membranas.

La ósmosis inversa es el proceso de separación del agua y las sales disueltas mediante la filtración a través de una membrana semipermeable a una determinada presión por encima de la presión osmótica que es provocada por las sales presentes en el agua residual (UTN, 2015). De esta manera, este proceso presenta la ventaja de eliminar la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, pero a su vez presenta la limitación de su elevado costo.

Sin embargo, dentro del funcionamiento del proceso la presencia de coloides en el agua residual puede provocar fallas en las membranas, recomendado así hacerle un pre tratamiento en caso se observe dicho material. Cabe resaltar que este proceso tiene la capacidad de seleccionar pequeños elementos de una medida similar a 0.0001 mm, otorgándole así un amplio abanico de capacidades de tratamiento (Caviedes et al., 2015). En la figura 6, se presenta una imagen de este proceso.

Figura 6.

Representación gráfica del proceso de Osmosis.



Fuente: IPC Global (s.f.)

2.10.3. Eliminación de sólidos (Coagulación – floculación)

Como destaca Cortés (2010), la mayoría de los sólidos se pueden eliminar utilizando técnicas simples de sedimentación con los sólidos recuperados como lodo; no obstante, aquellos sólidos muy finos y los sólidos con densidades cercanas a la densidad del agua presentan problemas especiales, por lo que puede requerirse filtración o ultrafiltración.

De esta manera, el tipo de industria y las prácticas operativas específicas determinan qué tipos de aguas residuales se generan y qué tipo de tratamiento se requiere; así se ha evidenciado que la reducción de sólidos como productos de desecho, materiales orgánicos y arena a menudo es un objetivo del tratamiento de aguas residuales industriales (Cortés, 2010).

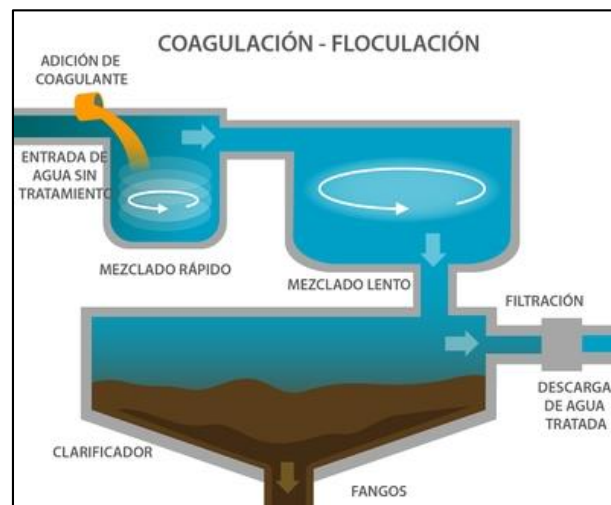
Para este caso Andía (2000), define a la coagulación como el proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía en la mezcla. La coagulación es el tratamiento más eficaz y de menos costo para la remoción de arsénico en comparación con otros métodos, convirtiéndose con ello como uno de los métodos más utilizados actualmente. Entre los coagulantes más usados para dicho fin se establece el sulfato de aluminio y el cloruro férrico.

En esta misma línea, la UTN (2015) determina dentro de la eliminación de sólidos, el proceso de precipitación química el cual normalmente se da con la adición de coagulantes como la cal, sales metálicas, polímeros, entre otros, eliminando con su adición varios iones inorgánicos, como metales pesados, una de sus desventajas es el gran volumen de lodo que se genera al precipitarse, ya que estos pueden contener compuestos tóxicos haciéndose dificultoso su tratamiento y evacuación.

A su vez para Caviedes et al. (2015), es necesario tener en cuenta la dosis química apropiada, el efecto energético de la mezcla y el tiempo de contacto en el cual se realiza la mezcla, para la obtención de mejores resultados en este proceso. En este contexto, en la figura 7 se representa el esquema de dicho proceso.

Figura 7

Representación gráfica del proceso de Coagulación/Floculación.



Fuente: Koshland Science Museum (s.f.).

2.10.4. . Biopolímeros

Caviedes et al. (2015) describe a los biopolímeros como materiales que resultan atractivos para las diferentes industrias, ya que son capaces de reducir las concentraciones de iones metálicos a una concentración diferente (partes por billón). A su vez refiere su alta disponibilidad y su característica de ser un material ambientalmente seguro. Los biopolímeros tienen un grupo funcional muy amplio, tales como hidroxilos y aminas, los cuales incrementan la eficiencia de absorción de iones metálicos.

2.11. Algas

La Universidad Nacional del Nordeste (UNNE, 2014), señala que hace años las algas eran parte de una categoría taxonómica denominada Algae (Algas) dentro de la División Tallophyta, la cual hacía referencia a organismos en los cuales no se diferenciaba la raíz, el tallo y las hojas, el mismo concepto de algas persiste hasta la actualidad sin embargo ya no como una categoría taxonómica si no como un concepto general.

Igualmente, Margalef (1981) y Wetzel (1983), citado por UNNE (2014), señalan que las algas son organismos microscópicos o macroscópicos que pueden ser procariotas y eucariotas conteniendo desde organismos unicelulares hasta talos con verdaderos tejidos. Son los responsables de la captación de luz en los ecosistemas acuáticos, para que con ello se pueda generar la materia orgánica a través de la productividad primaria.

Figura 8

Algas.



Fuente: Naturalista (s.f.).

Al respecto, considerando los seis reinos vegetales clasificados, las algas se ubican en 4: Monera (algas verde-azules, Prochlorofitos), Protozoa (euglenoides y dinoflagelados), Chromista (algas pardas, doradas, amarillas, y criptófitos) y Plantae (verdes y rojas) (UNNE, 2014). En este mismo sentido, Mansilla y Alveal (2004) determinan que las algas desempeñan un papel importante para la ecología a nivel mundial debido a que son responsables en la fijación del Dióxido de Carbono (CO₂) mediante la fotosíntesis generando como residuo el Oxígeno (O₂), estas tienen una diversidad de tamaños y coloraciones, así también poseen características bioquímicas y fisiológicas, como su variabilidad genética y fenotípica, tomando en cuenta lo anteriormente nombrado las principales divisiones de algas son: Chlorarachniophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Dinophyta, Euglenophyta, Glaucocystophyta, Heterokontophyta (Raphidophyta Chrysophyta, Bacillariophyta, Xanthophyta, Eustigmatophyta y Phaeophyta), Haptophyta (Prymnesiophyta) y Rhodophyta.

Figura 9

Clasificación de las algas según el reino al que pertenecen.



Fuente: Naturalista (s.f.).

2.11.1. Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*)

Las algas pardas, comprenden la clase *Phaeophyceae*, son un gran grupo de algas multicelulares, incluidas muchas algas marinas ubicadas en aguas más frías dentro del hemisferio norte. La mayoría de las algas marrones viven en ambientes marinos, donde juegan un papel importante como alimento y como hábitat. Por ejemplo, *Macrocystis*, un alga marina del orden Laminariales, puede alcanzar 60 m (200 pies) de longitud y forma prominentes bosques de algas marinas. Muchas algas pardas, como miembros del orden Fucales, comúnmente crecen a lo largo de costas rocosas. Algunos miembros de la clase, como los kelps, son utilizados por los humanos como alimento (Hernández, 2000).

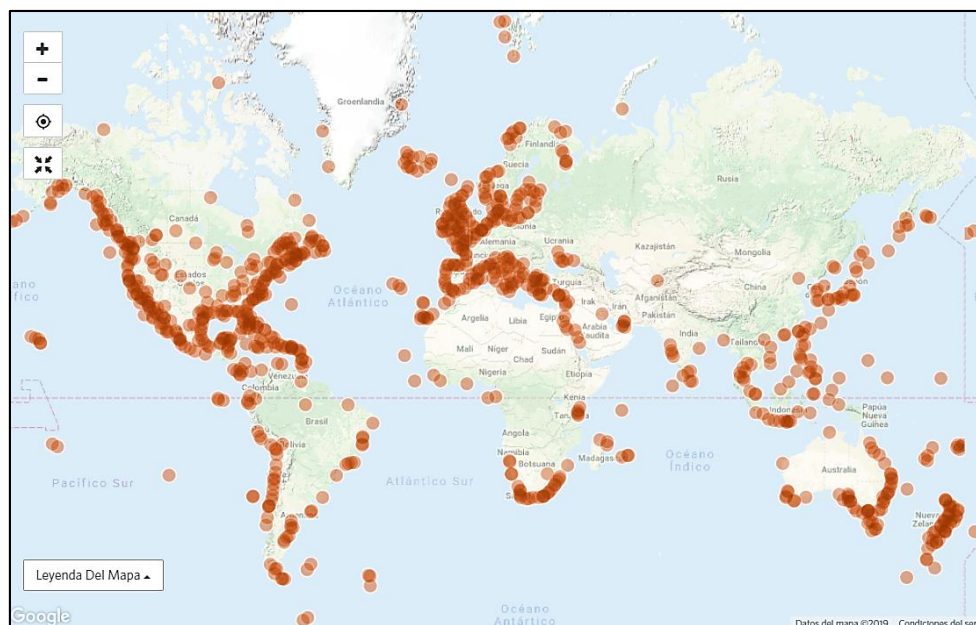
Las especies de *Macrocystis* tienen una distribución bastante limitada porque se reproducen solo a temperaturas inferiores a 18-20 ° C (64.4-68 ° F). Por lo general, cuentan con un gran soporte en forma de raíz para su fijación al fondo del océano, un estípite (tallo primario) para el transporte interno de material orgánico y largos tallos de ramificación con cuchillas que permanecen a flote por medio de neumatocistos. Este cuerpo complicado es la generación de esporofito diploide, que produce esporas en cuchillas especializadas cerca del soporte. Las esporas se convierten en gametófitos haploides masculinos o femeninos, que eventualmente producen los gametos sexuales. Los oogonia (huevos) se liberan con una feromona que dispara gametofitos machos cercanos para liberar los biflagelados antérozoides (espermatozoides) para la fertilización (Hernández, 2000).

Las algas pardas pertenecen al grupo Heterokontophyta, un gran grupo de organismos eucariotas que se distingue principalmente por tener cloroplastos rodeados por cuatro membranas, lo que sugiere un origen de una relación simbiótica entre un eucariota basal y otro organismo eucariota. La mayoría de las algas marrones contienen el pigmento fucoxantina, el

cual causa el del distintivo color marrón verdoso que les da su nombre. Las algas marrones son únicas entre Heterokonts en el desarrollo en formas multicelulares con tejidos diferenciados, pero se reproducen por medio de esporas flageladas y gametos que se parecen mucho a las células de otros heterokonts. Los estudios genéticos muestran que sus parientes más cercanos son las algas verde-amarillas (Castro, Carrillo y Pérez, 2000).

Figura 10

Localización mundial de algas pardas.



Fuente: Naturalista (s.f.).

2.11.1.1. Morfología

Las algas pardas existen en una amplia gama de tamaños y formas. Por lo antes expuesto, los miembros más pequeños del grupo crecen como penachos pequeños y plumosos de células filiformes de no más de unos centímetros de largo. Algunas especies tienen una etapa en su ciclo

de vida que consta de solo unas pocas células, lo que hace que toda alga sea microscópica. Otros grupos de algas pardas crecen a tamaños mucho más grandes. Las algas marinas y las algas curtidas a menudo son las algas más llamativas en sus hábitats. Las algas pueden variar en tamaño desde la palma de mar de dos pies de altura (*Postelsia*), hasta el alga gigante *Macrocystis Pyrifera*, que crece hasta más de 45 m (150 pies) de largo y es la más grande de todas las algas. En forma, las algas pardas van desde pequeñas costras o cojines hasta matas de hojas sueltas formadas por especies de *Sargassum*. Pueden consistir en hebras delicadas de células, como en *Ectocarpus*, o de ramas planas de un pie que se asemejan a un abanico, como en *Padina* (Castro et al., 2000).

Figura 11

Morfología de las algas Pardas.



Fuente: Naturalista (s.f.).

2.11.1.2. Crecimiento

Las algas marrones incluyen las algas marinas más grandes y de crecimiento más rápido. Las frondas de *Macrocystis* pueden crecer hasta 50 centímetros (20 pulgadas) por día, y los estípites pueden crecer 6 centímetros (2.4 pulgadas) en un solo día (Hernández, 2000).

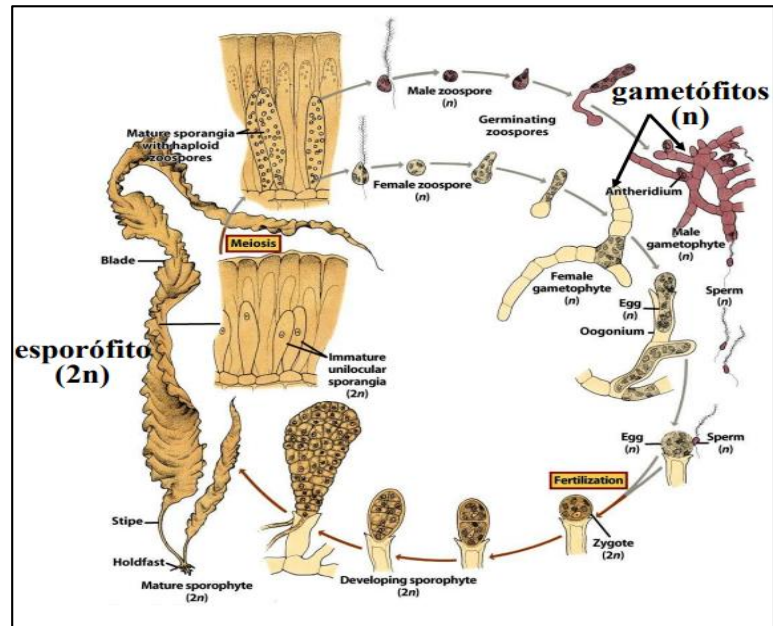
El crecimiento en la mayoría de las algas pardas ocurre en las puntas de las estructuras como resultado de las divisiones en una sola célula apical o en una fila de tales células. A medida que esta célula apical se divide, las nuevas células que produce se desarrollan en todos los tejidos del alga. Las ramificaciones y otras estructuras laterales aparecen cuando la célula apical se divide para producir dos nuevas células apicales. Sin embargo, algunos grupos (como *Ectocarpus*) crecen por una producción difusa, no localizada de nuevas células que pueden ocurrir en cualquier parte del tallo (Hernández, 2000).

2.11.1.3. Ciclo de vida

La mayoría de las algas pardas, con la excepción de los Fucales, realizan la reproducción sexual a través de la meiosis esporica. Entre generaciones, las algas pasan por fases separadas de esporofito (diploide) y gametofito (haploide). La etapa de esporofito es a menudo la más visible de las dos, aunque algunas especies de algas marrones tienen fases diploides y haploides similares. Las formas flotantes libres de algas marrones a menudo no experimentan la reproducción sexual hasta que se adhieren al sustrato. La generación haploide consiste en gametófitos masculinos y femeninos. La fertilización de los óvulos varía entre las especies de algas marrones, y puede ser isógama, oógama o anisógama, pudiendo tener lugar en el agua con óvulos y espermatozoides móviles, o dentro del oogonio mismo (Nava, 2017). Este ciclo se muestra en la figura 8.

Figura 12

*Ciclo de vida de **Macrocystis Pyrifera**.*



Fuente: Biology of Plants Seventh Edition (2005)

2.12. Alginato de Algas Pardas

Los alginatos son los polisacáridos más abundantes presentes en las algas pardas y comprenden hasta el 40% de su peso seco ya que son parte de la pared celular, teniendo como función principal dar rigidez, elasticidad, flexividad y la capacidad de almacenar agua a este tipo de algas. En su estado natural, los alginatos contienen una composición de sales de los cationes que comúnmente se localizan en el mar (Ca, Mg, Na) (Avendaño, Malo y Palou, 2013).

Existen 265 especies de algas pardas (Phaeophyceae), pero solo cinco son usadas para la extracción del Alginato, la *Macrocystis* es el género más usado a nivel mundial y se ubica en toda la costa oeste de los Estados Unidos, al norte de Europa, se extrae el Alginato de la especie *Laminaria* y *Ascophyllum*, existiendo también otros géneros usados en menor cantidad como lo

son *Durvillea* extraída de India y Filipinas, y la *Sargassum* ubicada en zonas como Chile y Australia.

Romero et al. (2013) aseguran que la obtención de Alginato se basa en reacciones de intercambio iónico para la extracción del alga en forma de Alginato de sodio, este proceso se ha ido modificando y mejorando con el tiempo permitiendo la obtención de una mejor calidad de Alginato.

La utilización de alginato como floculante en el tema de tratamiento de aguas radica en cuatro propiedades principales que este posee: la primera es que actúa como espesante en el agua, generando un aumento de viscosidad en la solución en la que se disuelva, la segunda es su gran capacidad de retener agua, la tercera es su estructura, la cual le permite formar un gel a partir de reacciones químicas de intercambio iónico y la cuarta propiedad se basa en la capacidad de formar películas (Funami, et al., 2009). Debido a las propiedades anteriormente mencionadas se puede calificar como un excelente medio para la remoción de metales pesados.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1.Lugar de ejecución

Las pruebas de laboratorio se realizaron en coordinación y colaboración con el Laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

3.2.Adquisición de Alginato de Algas Pardas

La adquisición del Alginato de Algas Pardas se realizó en colaboración con el Lic. Bryan Córdova Vélez, de la Facultad de Ciencias, de la UNI.

3.3.Recolección de muestras

3.3.1. Toma de muestra

La toma de muestras se realizó de acuerdo a lo establecido en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” (Resolución Jefatural N°010-2016-ANA), utilizando los materiales y equipos descritos en la Figura 13.

Figura 13

Materiales y equipos necesarios para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales.

Medios de transporte	Vehículo para transporte terrestre (camioneta) y acuático (embarcación, zodiac, lancha) ¹
Materiales	Cooler grandes y pequeños, frascos de plásticos y vidrio ² , baldes de plástico transparente de primer uso y limpios (4-20 litros de volumen), guantes descartables ³ , mascarillas ³ , pizetas, refrigerantes
Equipos	GPS, correntómetro, multiparámetro ⁴ , cámara fotográfica, botellas hidrográficas, brazo muestreador
Soluciones y reactivos	Agua destilada, preservantes ² , soluciones estándar (pH, conductividad, etc.)
Formatos	Etiquetas (anexo II), registro de datos de campo (anexo I), cadena de custodia (anexo III)
Permisos	Recursos hídricos marinos y lacustres: DICAPI Embalses; operador hidráulico Otros permisos en caso se requieran en la zona de intervención
Material cartográfico	Mapa hidrográfico o marino según corresponda
Indumentaria de protección	Zapatos de seguridad, botas de jebe cortas, botas de jebe musleras, vestimenta de seguridad con cinta reflectiva (pantalón, polo o camisa de manga larga, casaca, chaleco), lentes, casco, gorra, ponchos impermeables, arnés, chaleco salvavidas
Otros	Plumones indelebles, lápices, cinta adhesiva, papel secante, libreta de campo, soga, cinta métrica, linterna de mano, pizarra acrílica o tablero

Fuente: Resolución Jefatural N°010-2016-ANA (2016).

En base a este protocolo la compañía minera brinda al personal de campo, la indumentaria y equipo de protección personal (EPP) necesario para la realización del muestreo. Se rotularon los recipientes con: el código del punto de muestreo, tipo de cuerpo de agua, fecha, hora y lugar de muestreo, nombre del responsable de la muestra y el tipo de preservación. Se procedió a la toma de muestra utilizando guantes quirúrgicos, siguiendo los siguientes pasos:

- Adquirir un balde de 4 a 20 litros y una cuerda nylon.
- Ubicar el centro del punto de muestreo.

- Recolectar la muestra evitando la remoción de sedimentos y raspones con la estructura.
- Enjuagar el balde y la cuerda, tomar un volumen de muestra, medir y registrar los parámetros de campo en la cadena de custodia.
- Lavar y llenar los frascos de muestra considerando un espacio del 1% de la capacidad para poder preservarlos.

3.3.2. Punto de muestreo

En una reunión de gabinete se confirmó la codificación y ubicación exacta del punto de muestreo. Se estableció también el tipo de muestra, los parámetros a medir, los equipos, materiales, reactivos y formatos a utilizar basados en las recomendaciones hechas en protocolo anteriormente nombrado.

3.3.3. Aforo del caudal

En el presente estudio no se realizó el aforo del caudal esto debido a que los datos son obtenidos por parte de la compañía minera.

3.3.4. Parámetros físicos y químicos

Después de la toma de muestra, se preservaron las mismas con el reactivo para los parámetros requeridos, el tipo de recipiente, las condiciones de preservación y el tiempo máximo de la muestra estuvo de acuerdo a lo señalado en la figura 14.

Al mismo tiempo de acuerdo a la figura 13 y por recomendaciones contenidas en Protocolo de Monitoreo, los parámetros físicos como el pH, la temperatura y la conductividad eléctrica se midieron in-situ a la hora del muestro.

Cabe destacar que los parámetros químicos como el Plomo y Zinc, se midieron en el Laboratorio.

Figura 14

Conservación y preservación de agua - Anexo VII - Protocolo Nacional de Monitoreo de Agua

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	CONDICIONES DE PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO	TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO
1.- Químico-Físicos			
Oxígeno disuelto	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
	Botellas de vidrio Winkler	Fijar el oxígeno. Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	4 días
pH	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Temperatura	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	Inmediatamente
Conductividad eléctrica	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> .	24 horas
Turbiedad	Plástico o vidrio	Analizar preferentemente <i>in situ</i> . Almacenar muestras a oscuras o usar botellas oscuras.	24 horas
3.- Metales y metaloides			
Plomo	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	6 meses
Selenio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃ . Se debería usar HCl si se usa la técnica hídrica para análisis.	1 mes
Sodio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Uranio	Plástico o vidrio	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Vanadio	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	1 mes
Zinc	PE-HD o PTFE / PFA o FEP	Acidificar a pH 1 - 2 con HNO ₃	6 meses

Fuente: Resolución Jefatural N°010-2016-ANA (2016).

3.3.5. Método de análisis de los parámetros

Los metales anteriormente mencionados se analizaron a través de la espectroscopia de absorción atómica (AAS por sus siglas en inglés Atomic Absorption Spectroscopy), el cual es un método eficaz para la detección y determinación de elementos químicos dentro de una muestra. En un estudio, Marín (2015) explica que el proceso de absorción atómica consiste en romper los átomos de la estructura de una muestra a través de la pulverización bajo una llama a alta temperatura, para después ser sometidos a un rayo luminoso de una cierta longitud de onda, la absorción depende de los átomos libres no excitados, pero en general la relación entre átomos no excitados y átomos excitados, en un momento determinado, es muy alta. Como la longitud de onda del rayo de luz es característica solamente de cada metal por determinar, la energía luminosa absorbida por la llama es una medida de la concentración del metal en la muestra.

3.3.6. Cadena de custodia

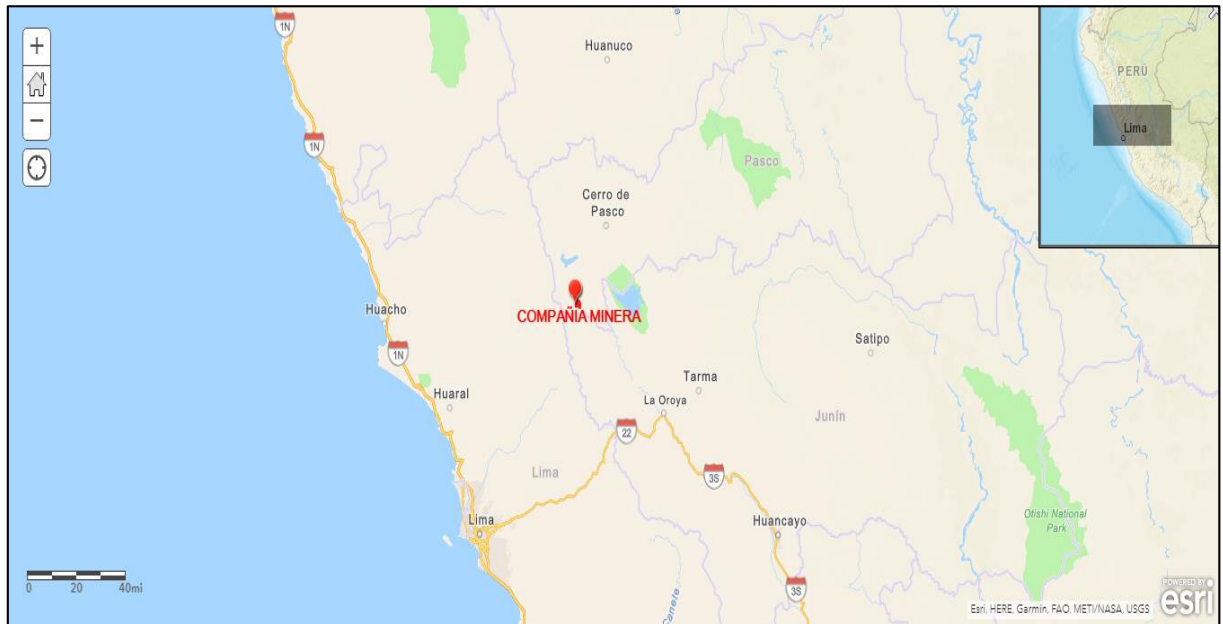
Conforme a lo estipulado en Protocolo de Monitoreo, la cadena de custodia fue llenada con el nombre del monitoreador, nombre del cliente, código de punto de muestreo, tipo de cuerpo de agua, fecha, hora y lugar de muestreo, número y tipo de envase, parámetros in situ analizados, firma del responsable y observaciones de campo.

3.3.7. Cantidad de muestras

Se tomaron dos muestras de agua para el presente estudio, ambas muestras obtenidas se tomaron de las instalaciones de una Compañía Minera, ubicada en el distrito de Huayllay en la ciudad de Cerro de Pasco, ubicadas a una altitud aproximada de 4600 m.s.n.m.

Figura 15

Ubicación Geográfica de la Compañía Minera.



Fuente: ArGis Online (2020).

- La muestra N° 1, se obtuvo del punto CP(i) a una latitud de $11^{\circ} 1'46.60''S$ y a una longitud de $76^{\circ}25'15.27''O$ aproximadamente, aguas provenientes de la planta concentradora de la compañía.

Figura 17

Punto muestral N° 2: Ubicación Geográfica.



Fuente: ArGis Online (2020).

3.4. Variables de estudio

Es necesario resaltar que las variables de estudio señaladas a continuación, fueron utilizadas tanto las pruebas preliminares de laboratorio, como en la aplicación directa en la muestra.

3.4.1. Variable dependiente

- Capacidad de remoción de Plomo(II) y Zinc(II), medida a través de los indicadores:
 - i. Concentración de Plomo(II)
 - ii. Concentración de Zinc(II)
 - iii. Porcentaje de Remoción (%R)

3.4.2. Variable independiente

- Biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*), medida a través de los indicadores:
 - i. Concentración del Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*)
 - ii. Dosis del Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*)
 - iii. pH del agua

3.5. Espectrofotometría de Absorción Atómica

La detección de la concentración del metal para las pruebas preliminares se dio a través de la Espectroscopia de Absorción Atómica (AAS), en el Laboratorio Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Ingeniería, se manipuló las concentraciones de los metales, para determinar la cantidad de Alginato exacto a utilizar, para la mayor remoción posible.

Para la determinación de los resultados obtenidos se utilizó el equipo de absorción atómica Perkin Elmer AAnalyst 200, el cual trabaja en un rango lineal de lectura de 1 a 5 ppm, si la concentración resulta mayor a esta será necesaria la dilución del metal, el equipo tiene 0.1 ppm de error en los resultados.

Después de los resultados obtenidos en el análisis preliminar, se determinó por Espectroscopia de Absorción Atómica (AAS), la concentración inicial para ambos metales presentes en la muestra de agua obtenida de la compañía minera.

Al finalizar, se aplicó la metodología del Sistema Batch para la muestra de agua residual industrial, determinándose la concentración final de las muestras a través de la Espectroscopia de Absorción Atómica (AAS) y con estos resultados se determinaron el porcentaje de remoción más alto. Es oportuno indicar que este sistema de lodos activados, cuyo funcionamiento se basa

en la secuencia de llenado y vaciado (Muñoz y Ramos, 2014). Asimismo, señalan estos autores que este sistema tiene una secuencia de ciclos de llenado y de vaciado, en el cual se desarrollan fases que pueden incluir el tratamiento anaerobio, aerobio, anóxico, o la combinación de ellos y en las que, finalmente, se incluye la sedimentación, las cuales se realizan unitariamente en un mismo reactor.

Este tipo de sistemas se conocen desde hace más de cien años, con los trabajos de Arden y Lockett en 1914, contiene cuatro etapas como lo son: etapa de llenado (adición de sustrato al reactor), etapa de reacción (el reactor se somete o no a reacción, lo cual depende de si el agua ha sido tratada), etapa de sedimentación (donde se separan los sólidos del efluente) y etapa de vaciado (extracción del agua clarificada del reactor), usándose originalmente para la eliminación de demanda química de oxígeno (DQO) y fosfatos de las aguas residuales (Muñoz y Ramos, 2014).

Cada una de estas etapas permiten a este tipo de sistema tratar aguas residuales que provienen de distintas industrias, estando su funcionamiento centrado en las etapas de llenado y vaciado (Muñoz y Ramos, 2014). La etapa de llenado puede realizarse de manera estática, mezclada o aireada; en el caso del llenado estático, la entrada de energía es mínima con una concentración alta de sustrato al final de la misma. Ahora bien, el llenado aireado comienza con reacciones aerobias y mantiene bajas concentraciones de sustrato, aspecto relevante en presencia de elementos tóxicos en el agua residual.

La etapa de reacción consiste en el consumo del sustrato en condiciones controladas (de manera, anaeróbica o anóxica); así la fase de reacción anaeróbica se caracteriza por una liberación del fósforo en forma de ortofosfatos y una oxidación de la materia orgánica y la

nitrificación (Muñoz y Ramos, 2014). En el caso de la fase de reacción anóxica, se aplica una desnitrificación y asimilación de fósforo.

Señalan Muñoz y Ramos (2014) que el objetivo de la etapa de sedimentación es regular a concentración de sólidos en el lodo en el reactor, a través de la separación de los sólidos del líquido en condiciones de quietud, generando un sobrenadante clarificado que puede ser descargado como efluente. Asimismo, en la etapa de vaciado consiste en la descarga del reactor como efluente, mediante un mecanismo que debe ser diseñado y operado de manera que se evite que el material flotante sea descargado.

Dentro de las ventajas de este sistema, según Muñoz y Ramos (2014), destacan:

- Mayor control de las condiciones de funcionamiento.
- Incremento de la fiabilidad, precisión y versatilidad.
- Mayor facilidad en la recolección de datos, visto que se hace por medio de sensores de toma de muestras.
- Al tomarse muestra, se garantiza que los resultados sean más representativos.
- Es posible el ahorro de costos si realiza la operación en un mismo tanque.
- Es factible el ajuste o cambios en la duración de distintas etapas.

3.6.Pruebas preliminares

Las pruebas preliminares fueron realizadas debido a que era necesaria evaluar las condiciones óptimas del uso del Alginato para cada metal, cabe resaltar que no se utilizó el valor óptimo del Alginato, visto que el objetivo de la prueba preliminar consistió en evaluar la eficiencia del material con la menor cantidad posible reduciendo con ello los costos en material, basados en ese concepto se usaron 10 mg de Alg(CS2) con 50 ml de solución de plomo Pb(II).

Es necesario tener en cuenta que el propósito fundamental estuvo abocado al uso de un nuevo biomaterial capaz de remover Pb y Zn en efluentes mineros, por lo que se eligió un rango de concentración alrededor de los 100 ppm de Pb (II) ya que a ese nivel los resultados muestran que el material remueve una mayor cantidad de metal.

3.6.1. Pruebas preliminares para el Plomo.

3.6.1.1.Efecto del pH

Se determinaron los niveles más óptimos con respecto al pH, relacionando a este con el porcentaje de remoción, como se refleja en la tabla 5.

Tabla 5

Efecto del pH en la adsorción del Pb(II)

pH	q (mg/g)	%R
2	30	8
3	93	25
4	125	33
5	185	49
6	170	45
7	338	90

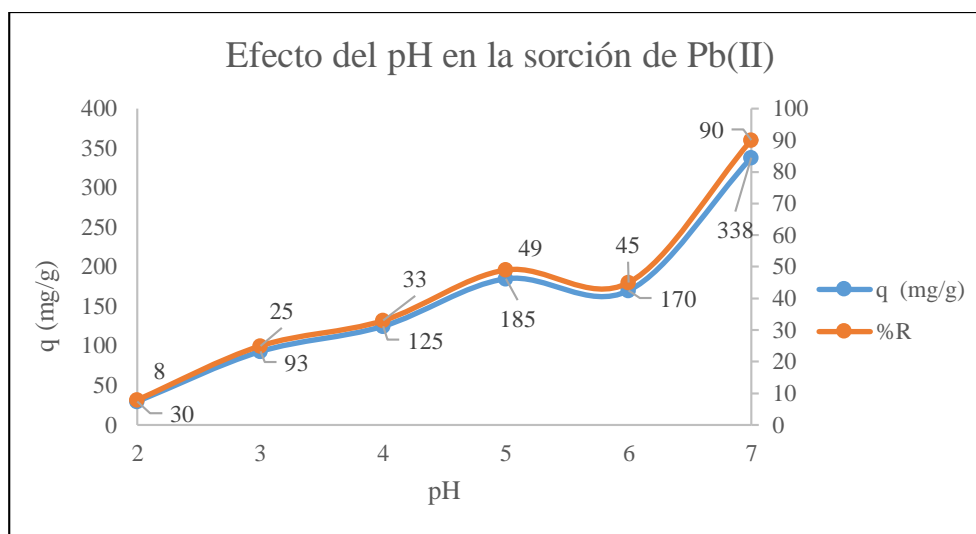
Donde:

q = capacidad de adsorción (mg Pb(II)/g Alg)

%R = porcentaje de remoción

Figura 18

Efecto del pH en la adsorción del Pb(II)



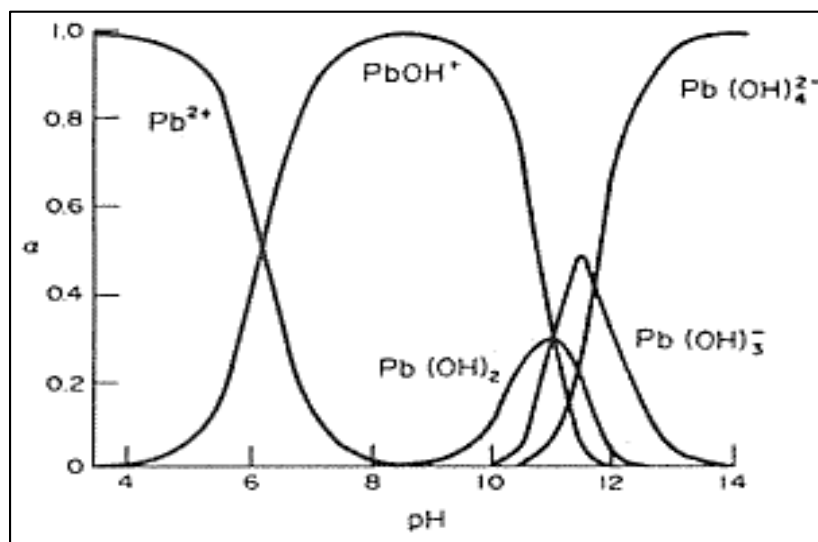
De la figura 18, se observó la relación directamente proporcional que tuvo el pH con el porcentaje de remoción de plomo, luego de que al aumentar el pH del aumentó la remoción del Pb (II), logrando alcanzar un máximo a pH 7. Sin embargo, a ese pH y de acuerdo al diagrama de Pourvaix (ver figura 19), el plomo dejó de ser catiónico y pasa a hidróxido de plomo, generando un precipitado blanco que floculó cuando se agrega el material, por lo que se trabajó todos los análisis de aquí en adelante a un pH 5, valor en el cual el plomo se encuentra como catión, visto que a pH 7 y al encontrarse como hidróxido de plomo se impide evaluar la capacidad de adsorción del material.

3.6.1.2. Diagrama de Pourbaix para el Pb(II)

En la figura 18, se presenta el diagrama de Pourbaix para el Pb(II), en el cual se trazó el equilibrio y electroquímico, definiendo el dominio de estabilidad para el agua, el Pb(II) y el biomaterial utilizado a un nivel de pH 5 (Muñoz, s.f.).

Figura 19

Diagrama de Pourbaix para el Pb(II)



3.6.1.3. Efecto de la dosis en la adsorción del Pb(II)

Para el efecto de la dosis se obtuvieron los valores, señalados en la tabla 6.

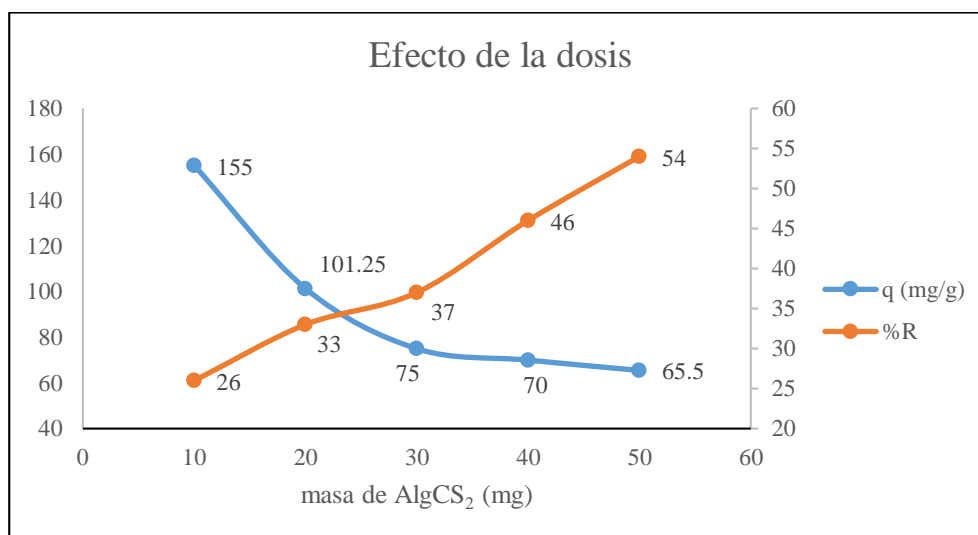
Tabla 6

Efecto de la dosis en la adsorción del Pb(II)

Efecto de la dosis		
m (mg)	q (mg/g)	%R
10	155	26
20	101.25	33
30	75	37
40	70	46
50	65.5	54

Figura 20

Efecto de la dosis en la adsorción del Pb(II)



De la figura 20, se pudo determinar que al aumentar la masa de Alginato el valor de “q” disminuye debido a que el valor de “q” incluye el factor de la masa, por lo que al haber más masa de Alginato el valor de %R aumentó casi linealmente.

Es decir que para el efecto de la dosis se pudo prescindir de evaluar el efecto de “q” dado que:

$$q = \frac{(C_o - C_e)}{m} \times Vol \%R = \left(\frac{(C_o - C_e)}{C_o} \right) \times 100$$

De esta manera, si aumenta la masa el valor de “q” va ser más pequeño, por lo que usualmente se termina evaluando los resultados con el porcentaje de remoción.

3.6.1.4.El efecto de la concentración inicial (Co)

Es un parámetro muy importante que se debe conocer debido a que permite evaluar la capacidad de adsorción en el rango de concentración más óptimo para la remoción de dicho elemento, que se evidenció en la tabla 7.

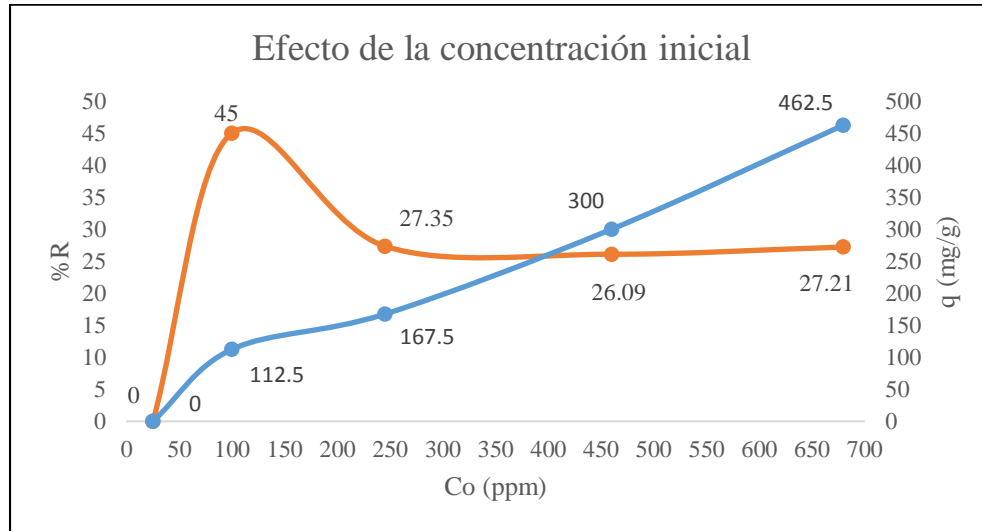
Tabla 7

Efecto de la concentración inicial en la adsorción del Pb(II)

Co (ppm)	Ce (ppm)	q (mg/g)	%R
25	25	0	0
100	55	112.5	45
245	178	167.5	27.3469
460	340	300	26.0870
680	495	462.5	27.2059

Figura 21

Efecto de la concentración inicial



En la figura 21, se observa que a pesar de aumentar la concentración de Pb(II) en las soluciones, el porcentaje de remoción (%R) se mantuvo casi constante a partir de 100 ppm. Este hecho se debe a que al aumentar la concentración de Pb(II), el Alginato adsorbe más plomo y por eso la relación “q” aumenta, haciendo que el porcentaje de remoción se mantenga casi constante.

3.6.1.5. Evaluación de Isotermas

Para evaluar el tipo de fenómeno que ocurre durante el proceso de remoción de metales fue necesario realizar las isotermas de adsorción, estas dieron información acerca del material y especies metálicas; en este sentido, las dos isotermas más usuales y más usadas son: Langmuir y Freundlich.

Se evaluaron los datos ajustados a los modelos de Langmuir y Freundlich, ajustándose mejor los datos al modelo de Langmuir, como se muestra en la tabla 8.

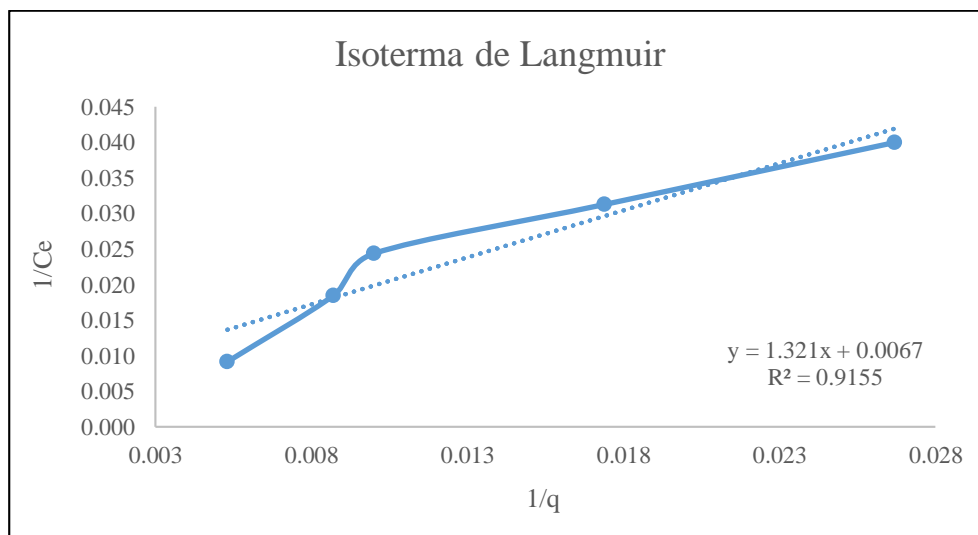
Tabla 8

Modelo de Langmuir y Freundlich adsorción del Pb(II)

Isoterma Langmuir	
1/q	1/Ce
0.0267	0.0400
0.0174	0.0313
0.0100	0.0244
0.0087	0.0185
0.0053	0.0092

Figura 22

Isoterma de Langmuir adsorción del Pb(II)



El coeficiente de relación ($R^2 = 0.951$) indicó que no fue evidente un proceso de adsorción ni de fisisorción (Freundlich), si no que posiblemente se produjo un proceso de quelación, lo cual se evidenció con la masa formada en el fondo de los tubos, definiendo así a la quelación como el proceso ocurrió al contacto del Alginato con el plomo (II), tal como se detalla en la figura 22.

3.6.2. Pruebas preliminares para el Zinc.

3.6.2.1. Efecto del pH en la adsorción del Zinc

Se determinaron los niveles más óptimos con respecto al pH, relacionando a este con el porcentaje de remoción, observados en la tabla 9.

Tabla 9

Efecto del pH en la adsorción del Zn(II)

pH	q (mg/g)	%R
3	58.75	8.39285714
4	215	30.7142857
5	233.75	33.3928571
6	278.75	39.8214286
7	331.25	47.3214286
8	639.06	91.2946429
9	570	81.4285714

Figura 23

Efecto del pH en la adsorción del Zinc

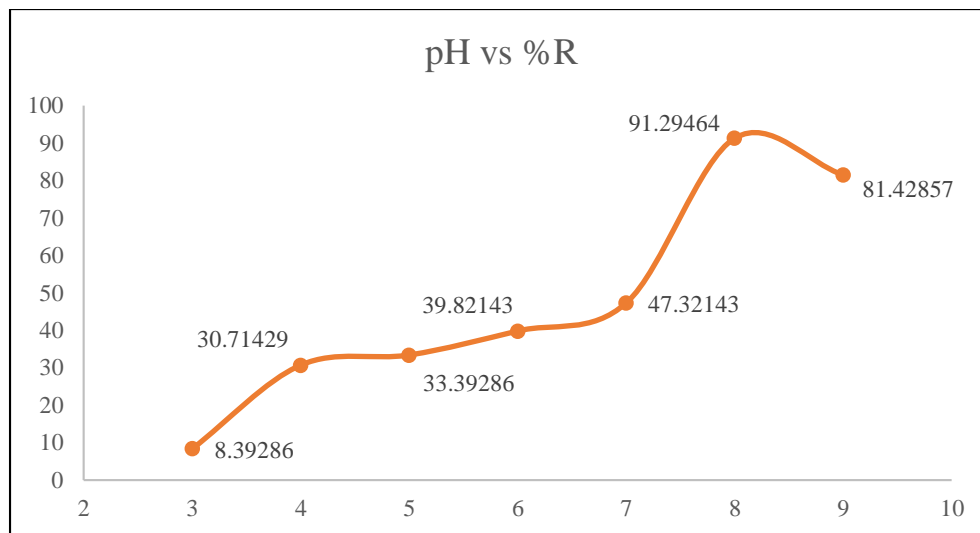
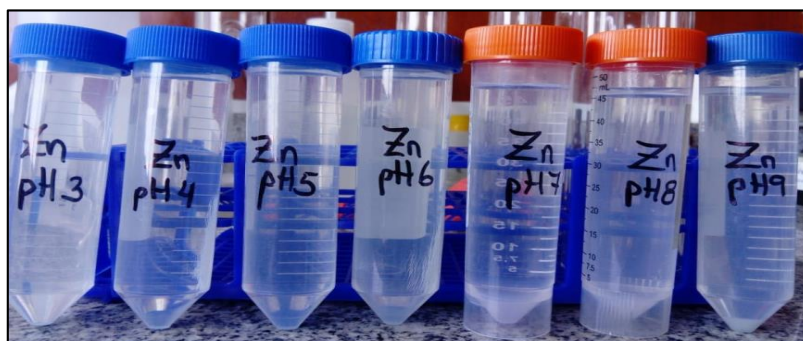


Figura 24

Efecto del pH en la remoción de Zn(II) con alginato químicamente modificado.



Similar al caso del Pb(II), el ion Zn(II) presentó un aumento en el porcentaje de remoción conforme el medio se volvió más básico; esto debido a la formación del Zn(OH)₂, especie que comenzó a precipitar por pH > 5. Por esa razón, se eligió como pH óptimo para la remoción de este metal un pH 5 donde aún fue estable la especie divalente de Zn(II). La idea de hacer la

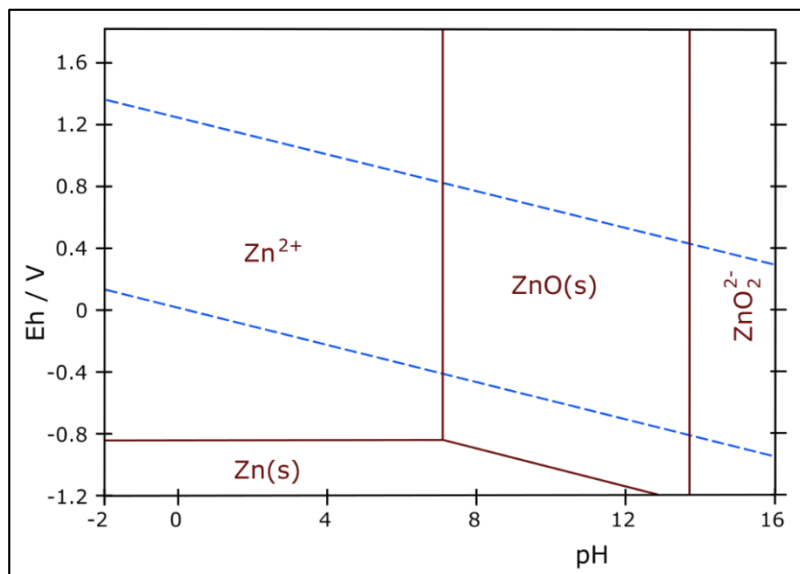
remoción a estos valores de pH fue favorecer la interacción entre las especies metálicas disueltas y el material usado para la descontaminación de éstos, ver diagrama de Pourbaix.

3.6.2.2. Diagrama de Pourbaix para el Zn(II)

En la figura 25, se presenta el diagrama de Pourbaix para la adsorción del Zn(II) cabe destacar que el equilibrio otra vez se presentó (tal como con el plomo) en el nivel de pH 5; en este caso las líneas horizontales señalan reacciones con dependencia solamente del potencial, las líneas verticales representan las reacciones con dependencia exclusiva del pH y las líneas oblicuas se refieren a reacciones con dependencia tanto del potencial como del pH (Muñoz, s.f.).

Figura 25

Diagrama de Pourbaix adsorción Zn(II)



3.6.2.3. Efecto de la dosis en la adsorción del Zinc

Para el efecto de la dosis se tienen los valores observados en la tabla 10.

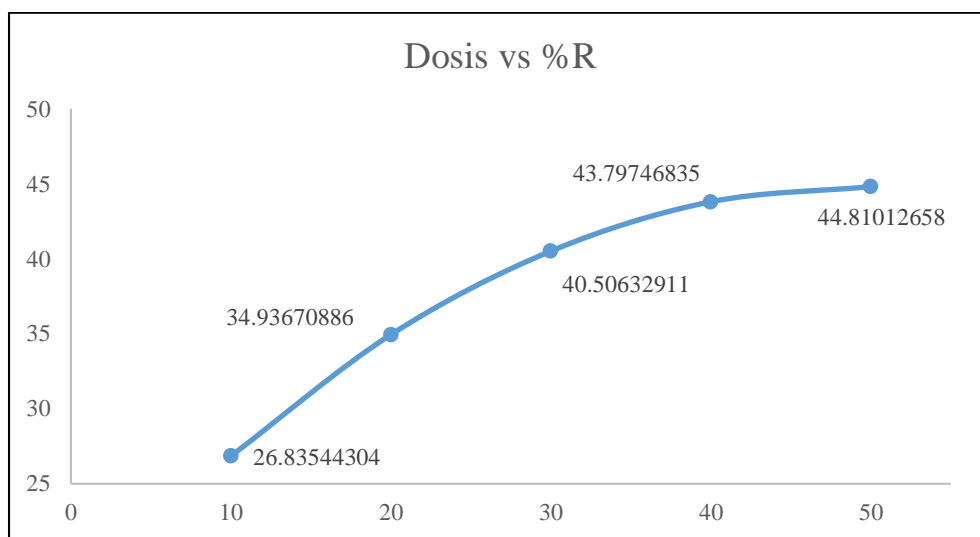
Tabla 10

Efecto de la dosis en la adsorción del Zn(II)

Efecto de la dosis		
m (mg)	q (mg/g)	%R
10	132.5	26.835443
20	86.25	34.9367089
30	66.6666667	40.5063291
40	54.0625	43.7974684
50	44.25	44.8101266

Figura 26

Efecto de la dosis en la adsorción del Zn(II)



En la figura 26, se puede apreciar que con sólo 10 mg del material, se pudo remover hasta un poco más de la cuarta parte del zinc presente en solución (%R = 26,8). Además, conforme se aumentó la dosis de material se observó un claro aumento en el porcentaje de remoción hasta un valor casi constante de 44% que se logra con una dosis de 40 mg. Esto significa que el

material se saturó de iones zinc con 40 mg, por eso cuando se aumentó la masa casi no varió este valor, visto que al haber demasiado material en el medio, no se favoreció el transporte de masa por parte de los iones zinc hacia el material. Por esa razón, se eligió 10 mg como el valor óptimo para la realización de los demás ensayos en la remoción de Zn(II).

3.6.2.4.El efecto de la concentración inicial (C_0)

Es un parámetro muy importante que se debe conocer visto que permite evaluar la capacidad de adsorción en el rango de concentración más óptimo para la remoción de dicho elemento, como se observa en la tabla 11.

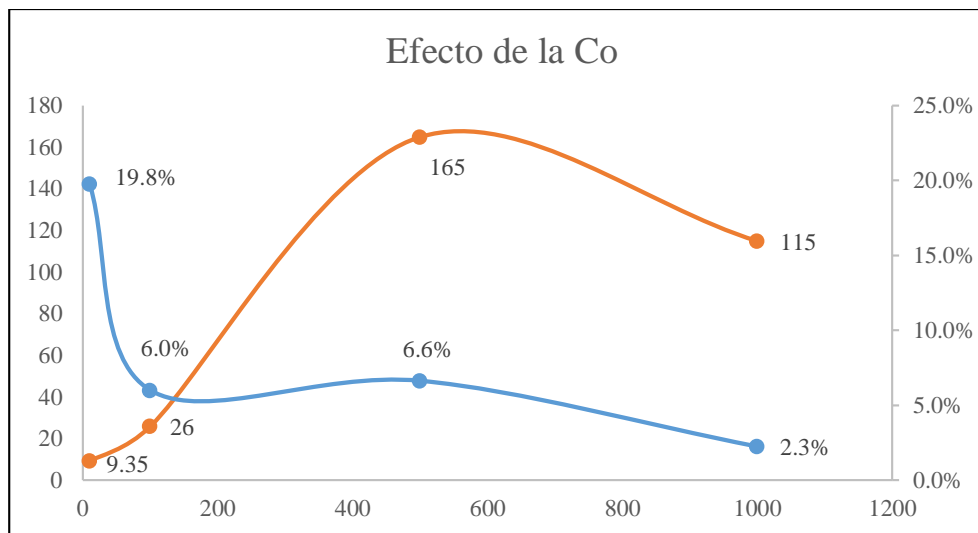
Tabla 11

Efecto de la concentración inicial (C_0) en la adsorción del Zn(II)

Efecto de la dosis		
m (mg)	q (mg/g)	%R
10	9.35	19.8%
100	26	6.0%
500	165	6.6%
1000	115	2.3%

Figura 27

Efecto de la concentración inicial (Co) en la adsorción del Zn(II)



El efecto de la concentración inicial muestra que a concentraciones menores de 100 ppm, se obtuvo un mayor porcentaje de remoción de Zn(II), comportamiento muy similar ocurrió para el caso del Pb(II) a diferencia que para este caso, a concentraciones cercanas a los 10 ppm de Zn(II) se presentó un mayor porcentaje de remoción (ver figura 27), lo cual para el Pb(II) sucedió muy cerca a los 100 ppm. Sin embargo, se pudo apreciar que conforme aumentó la concentración inicial en el medio, aumentó el valor de la densidad del material (q), y esto se pudo explicar debido a que conforme aumentó la concentración de iones Zn(II), aumentó la capacidad de adsorción del material debido a los fenómenos de transporte de masa que favorecen la migración de los iones Zn hacia los poros del material o a través de la formación de posibles enlaces químicos. Sin embargo, la capacidad de remoción de iones Zn(II) en relación a la cantidad de iones iniciales fue muy pobre, por eso se evaluó el comportamiento del material tomando como concentración máxima de 150 ppm.

3.6.2.5. Evaluación de Isotermas

Para evaluar el tipo de fenómeno que ocurre durante el proceso de remoción de metales fue necesario realizar las isotermas de adsorción, estas generaron información respecto al material y a las especies metálicas, siendo las dos isotermas más usuales y más usadas son: Langmuir y Freundlich.

Se evaluaron los datos ajustados a los modelos de Langmuir y Freundlich, ajustándose mejor los datos al modelo de Langmuir, ver tabla 12.

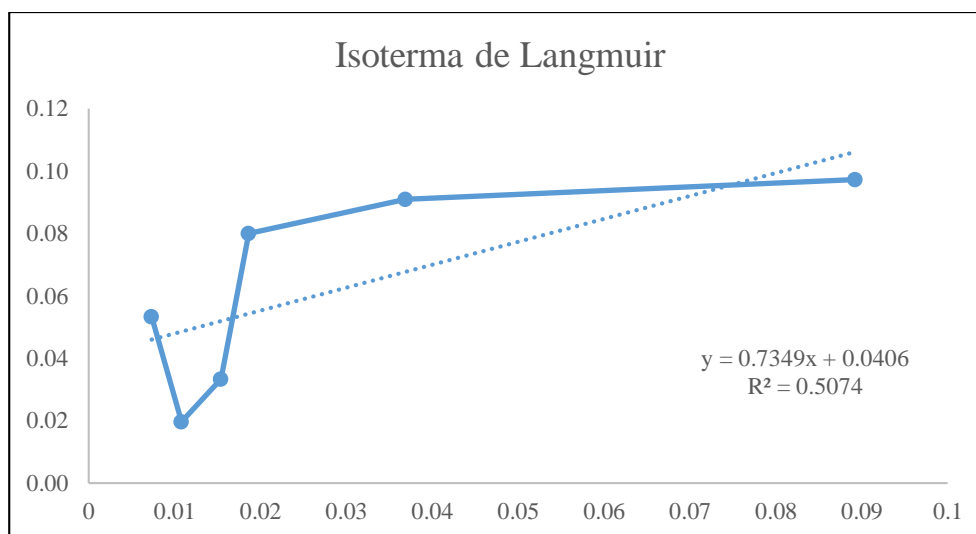
Tabla 12

Isoterma de Langmuir adsorción del Zn(II)

Isoterma Langmuir	
1/q	1/Ce
0.08924587	0.0400
0.03687316	0.0313
0.01864802	0.0244
0.01538462	0.0185
0.01082544	0.0092
0.00732601	0.0533333

Figura 28

Isoterma de Langmuir adsorción del Zn(II)



Una vez determinado los parámetros óptimos para la remoción de Zn(II), se procedió a evaluar el ajuste de los datos según el modelo de Langmuir, obteniéndose una recta con un $R^2 = 0.50$ lo que significa que solamente la mitad de los datos se ajustan al modelo. De esta manera, fue posible afirmar que el fenómeno de adsorción sobre la monocapa del material se ajustó únicamente para la mitad de los puntos (concentraciones superiores a los 50 ppm). Este comportamiento se pudo atribuir al hecho de que el proceso de remoción de los metales no fue a través de una quimisorción; sino que por el contrario, lo más probable se debió a la formación de enlaces químicos formando quelatos estables entre el Zn(II) y el alginato modificado.

3.7. Formulación de hipótesis

La hipótesis general de la investigación es:

- HG: La aplicación de un biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) tiene la capacidad de remover Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera.

Las hipótesis específicas del estudio son:

- H1: El porcentaje removido de Pb(II) de los efluentes N° 1 y N° 2 en aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) es mayor al porcentaje removido Zn(II) en cada punto muestral.
- H2: Las concentraciones de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera tratadas con Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) cumplen con los niveles referenciales exigidos en la D.S N° 010-2010-MINAM (2010).
- H3: Los niveles de Pb(II) y Zn(II) de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera se relacionan significativa y positivamente.

3.8. Estudio y diseño de la investigación

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), el estudio realizado fue de enfoque cuantitativo, toda vez que haciendo uso de la recolección de datos, se comprobaron las hipótesis formuladas, mediante la medición numérica y el análisis estadístico (descriptivo e inferencial), lo cual permitió probar las teorías respecto a la capacidad de remoción de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera mediante la aplicación de un biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*).

Adicionalmente, el estudio realizado fue de diseño cuasiexperimental o preexperimental, en el cual a un determinado grupo (muestras de aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera) se le realizó una prueba de espectrofotometría para determinar la concentración de Pb(II) y Zn(II) previa al estímulo o tratamiento experimental, en este caso la aplicación de un biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) y luego se realizó otra vez la prueba, para medir la eficiencia de la capacidad de remoción de dichos metales (Hernández et al., 2014).

3.9. Análisis estadístico

El análisis estadístico constó de dos partes para lograr cumplir con los objetivos de la investigación. En primer lugar, un análisis descriptivo que permitió evidenciar los porcentajes removidos de cada metal (plomo y zinc) en los dos puntos muestrales (Efluentes N° 1 y 2), lo cual favoreció para identificar el metal que tuvo mayor porcentaje de remoción, el punto muestral donde se logró remover la mayor cantidad de cada metal el uso del biomaterial y determinar si se logró cumplir con la referencia de los límites establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM (2010).

En segundo lugar, se realizó la prueba de significancia del coeficiente de correlación de Spearman entre ambos metales; debe indicarse que la selección de esta prueba obedeció a que es más eficiente en estudios donde el número de observaciones es pequeño, siendo este caso un total de nueve observaciones (menor a 30 observaciones). Finalmente, se realizará un análisis inferencial mediante el uso de la Prueba ANOVA, que permitirá comprobar estadísticamente los resultados descriptivos del segundo objetivo específico.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ensayos de laboratorio del agua residual

4.1.1. Remoción de plomo

4.1.1.1. Efluente N° 1

Aplicando, el análisis realizado en Sistema Batch se obtuvo lo siguiente:

- Concentración inicial de Pb(II): 5 ppm
- Tiempo de agitación: 24 h
- Velocidad: 100 rpm
- Dosis: 40 mg de Alginato
- pH óptimo: 5 (modificó el pH con NaOH 0.1 M y HNO₃ al 1% v/v)

Tabla 13

Resultados de la remoción del plomo en el Efluente N° 1

Ensayo N°1	Ensayo N°2	Ensayo N°3
4 ppm	4.5 ppm	3.5 ppm
3.5 ppm	4 ppm	3.5 ppm
4 ppm	3 ppm	4 ppm

4.1.1.2. Efluente N° 2

Análisis realizado en sistema tipo Batch.

- La prueba de espectrofotometría realizada al Efluente N° 2 no detectó una concentración considerable de plomo, arrojando un valor no detectado.

4.1.2. Remoción de zinc

4.1.2.1. Efluente N° 1

Análisis realizado en Sistema Batch

- Concentración inicial de Zn(II): 197 ppm
- Tiempo de agitación: 24 h
- Velocidad: 100 rpm
- Dosis: 40 mg de Alginato
- pH óptimo: 5 (modificó el pH con NaOH 0.1 M y HNO₃ al 1% v/v).

Tabla 14

Resultados de la remoción del zinc en el Efluente N° 1

Ensayo N°1	Ensayo N°2	Ensayo N°3
140 ppm	142 ppm	138 ppm
132 ppm	140 ppm	140 ppm
147 ppm	145 ppm	145 ppm

4.1.2.2. Efluente N° 2

Análisis realizado en Sistema Batch

- Concentración inicial de Zn(II): 12 ppm
- Tiempo de agitación: 24 h
- Velocidad: 100 rpm
- Dosis: 40 mg de Alginato modificado
- pH óptimo: 5

Tabla 15*Resultados de la remoción del zinc en el Efluente N° 2*

Ensayo N°1	Ensayo N°2	Ensayo N°3
4 ppm	5 ppm	4.5 ppm
3 ppm	3 ppm	4 ppm
4.5 ppm	3.5 ppm	3.5 ppm

4.2.Eficiencia de remoción

La eficiencia de la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) en aguas residuales industriales, se determinó en base al porcentaje de remoción obtenido de la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de remocion (\%)} = \frac{C_o - C_f}{C_o} * 100$$

Obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 16*Resultados de los porcentajes de remoción*

Ítem	Pb(II)		Zn(II)	
	N°1	N°2	N°1	N°2
Muestra	N°1	N°2	N°1	N°2
Concentración inicial (Co)	5	ND	197	12
Promedio de los ensayos (Cf)	3.8	-	141.0	3.9
% de Remoción	24.44%	-	28.43%	67.59%

De los resultados obtenidos, si es porcentaje de remoción obtenido es mayor al 50% el material es considerado como eficiente la remoción de Pb(II) o Zn(II) correspondientemente.

4.3.Resultados

4.3.1. Evaluar los porcentajes removidos de Pb(II) y Zn(II) de los efluentes N° 1 y N° 2 de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*).

En el caso del Efluente N° 1, se obtuvieron los valores de los estadísticos descriptivos para la concentración removida de los referidos metales, los cuales se detallan en las tablas 13 y 14. Con relación a los resultados expuestos en la tabla 17, se observa que para el Efluente N° 1, la concentración promedio de Zn(II) removida, luego de la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*), fue en promedio de 28.43% con una variabilidad de 8.02% mientras que la concentración de Pb(II) removida fue de 24.44% con una variabilidad de 36.09%; de esta manera, se observa que para este efluente, la concentración promedio de zinc removida supera a la concentración promedio de plomo que fue removida por el biomaterial, con una variabilidad de los datos menor.

Tabla 17

Resultados objetivos específicos N° 1. Efluente N° 1

Metal	Valor mínimo (%)	Valor máximo (%)	Media (%)	Desviación típica	Coefficiente de variación (%)
Plomo	10	40	24.44	8.82	36.09
Zinc	25.38	32.99	28.43	2.28	8.02

Para comprobar la significancia estadística de este resultado, se utilizó la prueba ANOVA, con la finalidad de comprobar que estos promedios de porcentaje removido entre ambos metales son diferentes. Por lo antes expuesto, las hipótesis estadísticas son:

H_0 = Los promedios de porcentaje removido entre Pb(II) y Zn(II) mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) son iguales para la muestra del Efluente N° 1.

H_1 = Los promedios de porcentaje removido entre Pb(II) y Zn(II) mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) no son iguales para la muestra del Efluente N° 1.

El criterio de aceptación de la hipótesis nula se basa en que el p-valor sea mayor que el nivel de significancia estipulado (en este caso, 5%); en caso contrario, se rechaza dicha hipótesis y se asume que los promedios de porcentaje removido entre Pb(II) y Zn(II) mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) son diferentes para la muestra del Efluente N° 1. Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 18.

Tabla 18

Prueba de ANOVA entre metales

Prueba de ANOVA					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	71.32	1	71.32	1.72	0.21
Dentro de grupos	663.88	16	41.49		
Total	735.20	17			

De la tabla anterior, se evidenció que el p-valor de la prueba ANOVA es 0.21, el cual fue superior al nivel de confianza de 5% (0.05), por lo cual se aceptó la hipótesis nula relativa a que

“Los promedios de porcentaje removido entre Pb(II) y Zn(II) mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) son iguales para la muestra del Efluente N° 1”. De esta manera, los porcentajes de remoción de ambos metales por la aplicación del biomaterial no presentan diferencias significativas, evidenciando que presenta la misma eficacia.

En cuanto al Efluente N° 2, se obtuvieron los valores de los estadísticos descriptivos para la concentración de los referidos metales, descritos en la tabla 19.

Tabla 19

Resultados objetivos específicos N° 1. Efluente N° 2

Metal	Valor mínimo (ppm)	Valor máximo (ppm)	Media (ppm)	Desviación típica (ppm)	Coefficiente de variación (%)
Plomo	-	-	-	-	-
Zinc	58.33	75.00	67.59	5.81	8.60

Con relación a los resultados expuestos en la tabla anterior, se observó que para el Efluente N° 2, la concentración promedio de Zn(II) removida por el biomaterial fue del 67.59%, con una variabilidad de 8.60% mientras que la prueba de espectrofotometría no detectó una concentración considerable de Pb(II), arrojando un valor no detectado. De acuerdo a los resultados de las tablas 17, 18 y 19, se demuestra que la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) removió (en promedio) una mayor cantidad de zinc que de plomo en las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera.

Adicionalmente, de acuerdo a las tablas 16 y 18, se observó que en el Efluente N° 2 se removió la mayor concentración de Zn(II). Sin embargo, visto que no se detectó una concentración considerable de Pb(II) en dicho efluente, no se pudo comparar con la

concentración removida en el Efluente N° 1. Para comprobar la significancia estadística de este resultado, se utilizó la prueba ANOVA, con la finalidad de comprobar que estos promedios de porcentaje removido en ambos efluentes son diferentes. Por lo antes expuesto, las hipótesis estadísticas son:

H_0 = El promedio de porcentaje removido de Zn(II) mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) son iguales entre los dos efluentes.

H_1 = El promedio de porcentaje removido de Zn(II) mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) no son iguales entre los dos efluentes.

El criterio de aceptación de la hipótesis nula se basa en que el p-valor sea mayor que el nivel de significancia estipulado (en este caso, 5%); en caso contrario, se rechaza dicha hipótesis y se asume el promedio de porcentaje removido de Zn(II) mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) son diferentes entre los dos efluentes. Los resultados de este análisis se presentan en la tabla 21.

Tabla 20

Prueba de ANOVA entre efluentes (para el Zn(II))

Prueba de ANOVA					
	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6,903.13	1	6,903.13	354.32	0.00
Dentro de grupos	311.73	16	19.48		
Total	7,214.86	17			

De la tabla anterior, se evidenció que el p-valor de la prueba ANOVA es 0.00, el cual es inferior al nivel de confianza de 5% (0.05), por lo cual se rechazó la hipótesis nula relativa a que

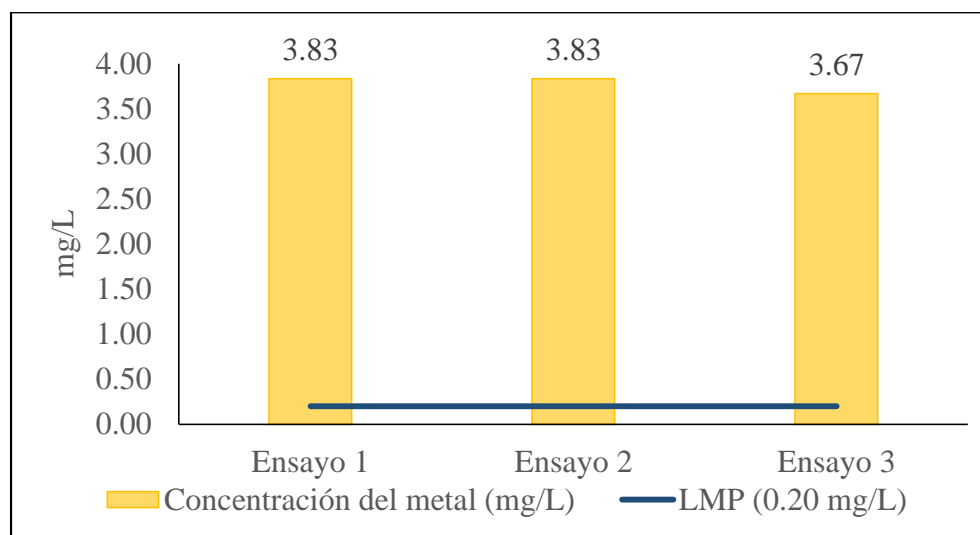
“El promedio de porcentaje removido de Zn(II) mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) son iguales entre los dos efluentes”.

4.3.2. Comparar la concentración final de Pb(II) y Zn(II) de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera que fueron tratadas por medio de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) con los niveles exigidos en la D.S. N° 010-2010-MINAM (2010).

En el gráfico 29, se comparó el promedio de los tres ensayos para la medición de la concentración de Pb(II) en aguas residuales provenientes del proceso de explotación minera tratadas con Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) en el Efluente N° 1 y los niveles exigidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM (2010), para la cual se estipuló un límite máximo permitido de Pb(II) de 0.20 mg/L y los resultados corresponden al Efluente N° 1.

Figura 29.

Comparación de la concentración de Pb y el LMP de D.S. N° 010-2010-MINAM (2010).



De esta manera, conforme a los resultados descritos en el gráfico anterior, es posible señalar que para el Efluente N° 1 a pesar que el Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) logró reducir en promedio el 24.44% de la concentración de plomo en el agua, no permitió cumplir con el valor máximo permitido de 0.20 mg/L establecido por la autoridad ambiental en el Perú.

En el caso del Efluente N° 2 no es posible realizar esta comparación, visto que la prueba de espectrofotometría realizada no detectó una concentración considerable de plomo.

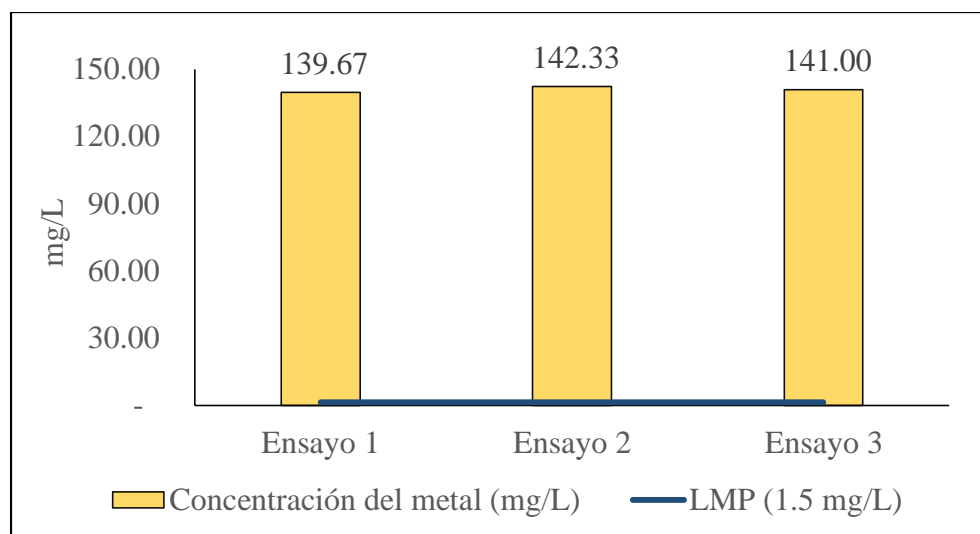
En el caso de la adsorción del Pb(II) se comprobó que el porcentaje de remoción se ubicó en 24.44% (medido solamente en el Efluente N° 1), el cual es un porcentaje menor al 90% obtenido por Shu et al. (2016) con el eluyente de HNO₃ a 0,10 M; al 99% obtenido por Ren et al. (2016) con una aplicación de perlas de gel de a base de Alginato y carboximetil celulosa; o al 50% de los iones Pb(II) removido por Bée, Talbot, Abramson y Dupuis (2011). Asimismo, es inferior al 95% o más de remoción que obtuvo Vizcaíno (2015) o al 97.68% de remoción obtenido por Chulle y Villalobos (2016) utilizando soluciones acuosas sintéticas por la microalga *Scenedesmus acutus*.

Es necesario indicar que dicho decreto es tomado como referencia para la comparación de resultados, al no existir tener una normativa nacional donde se establezca el Limite Máximo Permisible para Pb(II) exactamente.

Asimismo en el gráfico 30, se comparó el promedio de los tres ensayos para la medición de la concentración de Zn(II) en aguas residuales provenientes del proceso de explotación minera tratadas con Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) en el Efluente N° 1 y los niveles exigidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM (2010), para lo cual se estipuló un límite máximo permitido de Zn(II) de 1.50 mg/L.

Figura 30

Comparación de la concentración de Zn y el LMP de D.S. N° 010-2010-MINAM (2010).

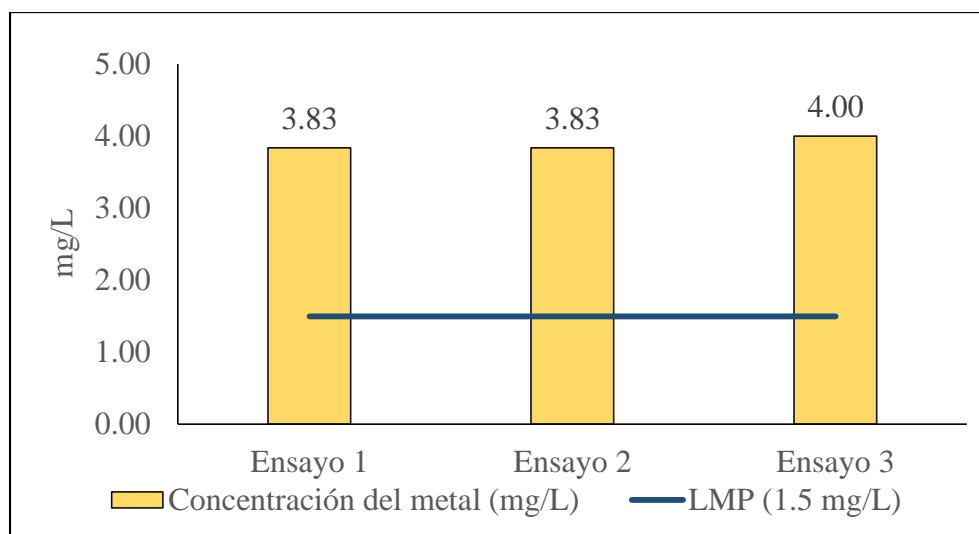


De esta manera, conforme a los resultados descritos en el gráfico anterior, es posible señalar que para el Efluente N° 1 a pesar que el Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) logró reducir en promedio el 28.43% de la concentración de zinc en el agua, pero no permitió cumplir con el valor máximo permitido de 1.5 mg/L establecido por la autoridad ambiental en el Perú.

En el gráfico 31, se comparó el promedio de los tres ensayos para la medición de la concentración de Zn(II) en aguas residuales provenientes del proceso de explotación minera tratadas con Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) en el Efluente N° 2 y los niveles exigidos en D.S. N° 010-2010-MINAM (2010), para lo cual se estipuló un límite máximo permitido de Zn(II) de 1.50 mg/L.

Figura 31

Comparación de la concentración de Zn y el LMP de D.S. N° 010-2010-MINAM (2010).



De esta manera, conforme a los resultados descritos en el gráfico anterior, es posible señalar que para el Efluente N° 2, el Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) logró reducir en promedio el 75.00% de la concentración de zinc en el agua, pero a pesar de ello no se logra cumplir con el valor máximo establecido por la autoridad ambiental en el Perú.

En el caso de la adsorción del Zn(II) se comprobó que el porcentaje de remoción se ubicó en 28.43% en el Efluente N° 1 y en 75% en el Efluente N° 2, lo que indica que en el primer caso es menor al obtenido por Vizcaíno (2015) que demostró reducir las concentraciones de Zn con 62% de eficiencia por medio de la utilización de tuna modificada. Sin embargo para el segundo caso, esta investigación demuestra que el Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) permite reducir en promedio las concentraciones de Zn del Efluente N° 1 en 13 puntos porcentuales por encima a lo reportado por Vizcaíno (2015).

Cabe indicar que dicho decreto es tomado como referencia para la comparación de resultados, al no existir tener una normativa nacional donde se establezca el Límite Máximo Permisible para Zn(II) exactamente.

4.3.3. Determinar la correlación entre los niveles de Pb(II) y Zn(II) de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera.

Para la evaluación de este objetivo, se aplicó la prueba de significancia del coeficiente de correlación de Spearman para la concentración de metales luego de la aplicación del biomaterial en el Efluente N° 1 (visto que en el Efluente N° 2 no se observaron niveles considerables de plomo), basada en las siguientes hipótesis estadísticas:

H_0 = El coeficiente de correlación de Spearman no es significativo ($\rho = 0$).

H_1 = El coeficiente de correlación de Spearman es significativo ($\rho \neq 0$).

En razón de lo anterior, para la aceptación de la hipótesis nula, debe cumplirse que el p-valor de la prueba debe ser mayor al nivel de significancia fijado (5% o 0.05), así se cumple que $\rho = 0$ o no hay relación entre las variables; en caso contrario, se rechaza dicha hipótesis ($\rho \neq 0$). Los resultados sobre esta hipótesis se muestran a continuación

Tabla 21

Prueba de correlación entre los metales

Prueba de Spearman	
ρ	Sig.
0.30	0.43

Los resultados de la tabla 22 demostraron que el p-valor de la prueba es 0.43, el cual fue superior al nivel de significancia del 5%, por lo que se comprobó que no existe una correlación significativa entre las concentraciones de ambos metales en el Efluente N° 1. De esta manera, no se pudo afirmar que una mayor presencia de alguno de los metales (por ejemplo, plomo) signifique una mayor concentración del otro metal (zinc); así se determinó que la remoción entre ambos metales, luego de la aplicación del biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*), no estuvo correlacionada; visto así el biomaterial actuó aisladamente entre ambos metales.

4.3.4. Determinar la eficiencia de la capacidad de remoción de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera, mediante la aplicación de un biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*)

De acuerdo a los resultados de los objetivos específicos, se pudo determinar lo siguiente:

- El porcentaje de remoción de Pb(II) del Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) en el Efluente N° 1, una vez aplicado al agua, fue de 24.44%; el cual a un nivel de 5% no es distinto al porcentaje de remoción de Zn(II) en dicho efluente.
- En el caso del Efluente N°2, solo fue posible medir el porcentaje de remoción de Zn(II) el cual fue de 67.59%, el cual es estadísticamente superior al porcentaje removido en el Efluente N° 1, con un 95% de confianza.
- A pesar de los significativos porcentajes de remoción de ambos metales, no fue posible cumplir con los límites establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM.

En función de lo anterior, debe señalarse que la capacidad de remoción de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera, mediante la aplicación de un biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) tiene una eficiencia relativa, que dependerá del nivel de concentración inicial del metal en el agua (sin la aplicación del tratamiento). De esta manera, con la dosis de 40 mg de Alginato modificado, un pH óptimo de 5 (modificado el pH con NaOH 0.1 M y HNO₃ al 1% v/v), una velocidad de 100 rpm y un tiempo de agitación de 24h, no es posible cumplir con la regulación ambiental vigente para ambos metales.

De igual manera, es oportuno destacar que estos resultados pueden estar influenciados por la presencia de otros metales en el Efluente N° 1, visto que el agua que se vierte es agua que sale del proceso de obtención de mineral (planta); por lo que posiblemente contiene metales como el cianuro, que limitan el efecto del Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*). En contraposición, del Efluente N° 2 se vierte agua residual natural bombeada de interior mina, por lo que presenta niveles bajos de metales que permiten una eficacia mayor del biomaterial.

La capacidad de remoción de metales por parte del biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*), también puede probarse con otros metales como el cobre o aquellos ligados al amonio. Algunos estudios con los que se pueden comparar, son los realizados por Celis-Plá et al. (2018) en donde fue posible determinar que algas como la *Cystoseira tamariscifolia*, contiene pigmentos fotosintéticos y compuestos fenólicos que reaccionan ante mayores cantidades de cobre, adsorbiéndolo en niveles que permite la exclusión del metal o por Moone et al. (2016), quienes evaluaron en diversos estudios la capacidad de la síntesis de los

compuestos quelantes del metal, activando un sistema antioxidante por parte macroalgas verdes y rojas.

En cuanto a la capacidad de remoción de las macroalgas de otros metales, Figueroa et al (2011) determinaron que a mayor cantidad de amonio ligado a metal, la remoción se realiza de forma más eficiente, vista la alta capacidad antioxidante en varios MAAs aislados de líquenes (micosporina-glicina) y de algas rojas (porphyra-334, chinorina y asterina-330).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Conforme a los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

1. Se evaluaron los porcentajes removidos de Pb(II) y Zn(II) de los efluentes N° 1 y N° 2 de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera mediante la aplicación de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*), logrando determinar que el porcentaje removido de Pb(II) de los efluentes N° 1 y N° 2 no es mayor al porcentaje removido Zn(II) en cada punto muestral, esto dado que en el Efluente N° 1 se comprobó con un 5% de significancia (con $F = 1.71$ y $p = 0.21$ en la prueba de ANOVA) que los porcentajes removidos de ambos metales son estadísticamente iguales, mientras que en el Efluente N° 2 se determinó que solo fue posible medir la remoción del Zn(II) con el uso de este biomaterial, siendo dicho porcentaje de 67.59%.

Por otra parte, al comparar los porcentajes de Zn(II) en ambos puntos muestrales, se comprobó con un nivel de significancia de 5% (con $F = 354.32$ y p cercano a 0.00 en la prueba de ANOVA) que se removió mayor cantidad de este metal en el agua en el Efluente N° 2 (67.59% del total) que en el Efluente N 1 (28.43%).

2. Se comparó la concentración final de Pb(II) y Zn(II) de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera que fueron tratadas por medio del Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) con respecto a los niveles exigidos en el D.S N° 010-2010-MINAM (2010), determinándose que

concentraciones de Pb(II) y Zn(II) de aguas tratadas no cumplen con los niveles exigidos en la D.S N° 010-2010-MINAM (2010), ya que la remoción del Zn(II) en el Efluente N° 2, tuvo una concentración de dicho metal en promedio a 3.89 mg/L, por encima del límite máximo permitido establecido en el referido decreto (1.5 mg/L); mientras que las concentraciones de Pb(II) de 3.78 mg/L supera al 0.020 mg/L establecido en el decreto y de Zn(II) de 141.00 mg/L supera al ya señalado 1.5 mg/L en el Efluente N° 1.

3. No se logró determinar la relación directa o indirecta entre los niveles de Pb(II) y Zn(II) de las aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en el Efluente N° 1, se observa que con un 5% de confianza, el coeficiente de correlación de Spearman obtenido entre ambos niveles de concentración resultó no ser significativo, arrojando un p-valor de 0.43 ($p > 0.05$).
4. Se determinó la eficiencia de remoción de Pb(II) y Zn(II) de aguas residuales industriales del proceso de explotación minera mediante la aplicación de un biomaterial a base de Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*). Determinándose una eficiencia mayor al 50% para el Zn(II) en el efluente N°2 (67.59%), si bien para ambos metales se logró remover un porcentaje de concentración, solo se alcanzó una eficiencia mayor para el Zn(II), significando ello que la eficiencia del biomaterial en la dosis y nivel de pH fijado dependerá de la concentración inicial del metal.

Asimismo, dependerá mucho para la remoción la presencia de otros metales y sustancias contenidas en el agua.

5.2.Recomendaciones

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten exponer las siguientes recomendaciones:

1. Se sugiere aplicar el tratamiento de remoción de metales mediante Alginato de Algas Pardas (*Macrocystis Pyrifera*) en aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera, en dosis y niveles de pH asociados a los niveles de concentración de los metales que se encuentran contenidos en dichas aguas. Es importante destacar que es necesario, evaluar previamente la presencia de otros metales en los efluentes donde se seleccione realizar este tratamiento.
2. Se recomienda realizar investigaciones sobre la eficiencia de este biomaterial en la adsorción de otros metales contenidos en aguas residuales industriales provenientes del proceso de explotación minera como el cadmio y el mercurio. En este sentido, se recomienda evaluar la correlación de los metales seleccionados con otras sustancias contaminantes, a los fines de medir la eficacia del biomaterial ante distintas composiciones.
3. Es propicio, también, evaluar la relación costo/beneficio de la aplicación de este biomaterial en la industria, mediante un programa de implementación que permita sustituir los medios tradicionales de tratamiento actualmente utilizados.

REFERENCIAS

- Andía, Y. (2000). Tratamiento de agua: Coagulación y floculación. Lima: SEDAPAL.
- Aquino, P. (2017). Calidad del agua en Perú: Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales. Lima: COSUDE.
- ATSDR. (agosto de 2016). www.atsdr.cdc.gov. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.pdf
- ATSDR. (2016 de agosto). www.atsdr.cdc.gov. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts60.html
- Avendaño, G., López, A., & Palou, E. (2013). Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(1), 87-97.
- Bée, A., Talbot, D., Abramson, S., & Dupuis, V. (2011). Magnetic alginate beads for Pb(II) ions removal from wastewater. *Journal of Colloid and Interface Science*, 362(2), 486-492. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.06.036>
- Borja, N., García, V., Yipmantin, A., Guzmán, E., & Maldonado, H. (2015). Estudio de la cinética de biosorción de plomo (II) en alga *Ascophyllum nodosum*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(3), 212-223.
- BosTech. (21 de mayo de 2018). <https://bosstech.pe>. Obtenido de <https://bosstech.pe/blog/tratamiento-de-agua-por-intercambio-ionico/>
- Castro, M., Carrillo, S., & Pérez, F. (2000). Composición química de *Macrocystis pyrifera* (sargazo gigante) recolectada en Verano e Invierno y su posible empleo en

alimentación animal. *Ciencias Marinas*, 20(1), 33-40. Obtenido de

<http://www.redalyc.org/pdf/480/48020103.pdf>

Cataldo, S., Gianguzza, A., Milea, D., Muratore, N., & Pettignano, A. (2016). Pb(II)

adsorption by a novel activated carbon □ alginate composite material. A kinetic and

equilibrium study. *International Journal of Biological Macromolecules*, 92, 769-778.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.07.099>

Caviedes, D., Muñoz, R., Perdomo, A., Rodríguez, D., & Sandoval, I. (2015). Tratamientos

para la remoción de metales pesados comúnmente presentes en aguas residuales

industriales. Una revisión. *Revista Ingeniería y Región*, 13(1), 73-90. Obtenido de

<file:///C:/Users/Hp/Downloads/Dialnet->

[TratamientosParaLaRemocionDeMetalesPesadosComunmen-5432290%20\(1\).pdf](TratamientosParaLaRemocionDeMetalesPesadosComunmen-5432290%20(1).pdf)

Celis-Plá, P., Brown, M., Santillán-Sarmiento, A., Korbee, N., Sáez, C., & Figueroa, F.

(2018). Ecophysiological and metabolic responses to interactive exposure to nutrients

and copper excess in the brown macroalga *Cystoseira tamariscifolia*. *Marine Pollution*

Bulletin, 128, 214-222. doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.005>

Cheshmeh, D., Shams, G., Khataee, A., & Jorfi, S. (2014). Silica nanopowders/alginate

composite for adsorption of lead (II) ions in aqueous solutions. *Journal of the Taiwan*

Institute of Chemical Engineers, 45(3), 973-980.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2013.09.014>

Chulle, L., & Villalobos, P. (2016). Remoción de metales pesados (mercurio y plomo) de

soluciones acuosas sintéticas a diferentes concentraciones utilizando la microalga

dulceacuícola *Scenedesmus acutus*. Tesis de grado - Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.

Colorado, M., Moreno, D., & Pérez, J. (2013). Desarrollo, producción y beneficio ambiental de la producción de microalgas. La experiencia en La Guajira, Colombia. *Ambiente y Desarrollo*, 17(32), 113-126.

Constitución Política del Perú. (1993).

Cortés, F. (2010). Control inicial en la descarga de aguas residuales industriales y comerciales. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 39, 43-49. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/314758648_Control_inicial_en_la_descarga_de_aguas_residuales_industriales_y_comerciales/link/58e3a893aca27245178c242f/download

Cuizano, N., & Navarro, A. (2008). Biosorción de metales pesados por algas marinas: posible solución a la contaminación a bajas concentraciones. *Química y Medio Ambiente*, 104(2), 120-125.

D.L. N° 17752. (2014). Ley General de Aguas .

D.S. 010–2010–MINAM. (2010). los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas (D.S. 010–2010–MINAM).

D.S. N° 042-2017-EM. (2017). Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera (D.S. N° 042-2017-EM).

D.S. N° 040-2014-EM. (2014). Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero.

EPA. (19 de enero de 2017). <https://espanol.epa.gov/espanol>. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-el-plomo-en-el-agua-potable>

Ernst&Young. (2014). Guía de Negocios e Inversión en el Perú 2013 / 2014. Lima: Ministerio de Relaciones Exteriores.

Figuroa, F., Korbee, N., Coba, F., Coba, F., Gil, C., Bonomi, J., . . . Sousa, I. (2011). Valorización de la biomasa de macroalgas en acuicultura multitrófica integrada (AMTI): aplicaciones en cosmética y nutracéutica (fotoprotectores y antioxidantes). En U. Vázquez, M. Incera, R. Fernández, & J. Maroto, *Macroalgas en la Acuicultura Multitrófica Integrada Peninsular* (págs. 111-137). Vigo: Centro Tecnológico del Mar – Fundación CETMAR.

Funami, T., Fang, Y., Noda, S., Ishihara, S., Nakauma, M., Draget, K., . . . Phillips, G. (2009). Rheological properties of sodium alginate in an aqueous system during gelation in relation to supermolecular structures and Ca²⁺ binding. *Food Hydrocolloids*, 23(7), 1745-1756.

Google. (2020). Learn ArcGIS. Obtenido de: <https://learngis2.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=0e4d6c7904dc43bbb240edb83a481305>

Hernández, G. (2000). El alga gigante *Macrocystis pyrifera* (L.) C. Agardh en Baja California Sur, México: ecología y su aprovechamiento para la producción de alginatos. Tesis Doctoral. México.

INACAL. (2015). Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. Norma Técnica Peruana NTP-ISO 14001. Lima.

Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (3 de diciembre de 2015). <http://iimp.org.pe>.

Obtenido de

http://iimp.org.pe/pptjm/jm20151203_Avances_%20mineria_perunana.pdf

INTI. (2015). Agua Segura: Un acercamiento al producto. Buenos Aires: INTI - Diseño Industrial.

IPC Global. (s.f.). Obtenido de <http://ipcglobalsac.com>: <http://ipcglobalsac.com/osmosis.html>

Koshland Science Museum. (s.f.). <https://www.koshland-science-museum.org>. Obtenido de <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Coagulation-Flocculation.html>

Ley N° 28611. (2005). Ley General del Ambiente.

Ley N° 29338. (2009). Ley de Recursos Hídricos.

Li, X., Qi, Y., Li, Y., Zhang, Y., He, H., & Wang, Y. (2013). Novel magnetic beads based on sodium alginate gel crosslinked by zirconium(IV) and their effective removal for Pb²⁺ in aqueous solutions by using a batch and continuous systems. *Bioresource Technology*, 142, 611-619. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.05.081>

- Londoño, L., Londoño, P., & Muñoz, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153.
- Mansilla, A., & Alveal, K. (2004). Generalidades sobre algas. En C. Werlinger, *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos* (págs. 351, 696). Santiago de Chile: Consejo Nacional del Libro y la Lectura.
- Mansilla, L., & Iraizoz, J. (2012). Aproximación al laboreo de minas y a la metalurgia en las minas de Almadén (Ciudad Real). *Revista Metálica*, 19, 79-93.
- Marín, A. (2015). Evaluación fisicoquímica de los sedimentos en tres localidades de la zona costera de la provincia de El Oro, 2014. Tesis de grado. Machala, Ecuador.
- Moenne, A., González, A., & Sáez, C. (2016). Mechanisms of metal tolerance in marine macroalgae, with emphasis on copper tolerance in Chlorophyta and Rhodophyta. *Aquatic Toxicology*, 176, 30-37. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.04.015>
- Motito, J., Rosseaux, O., & Del Toro, D. (2014). Estudio de las aguas industriales y residuales en la UEB Central Azucarero "Paquito Rosales". *Tecnología Química*, 34(3). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852014000300001
- Muñoz, J., & Ramos, M. (2014). Reactores discontinuos secuenciales: Una tecnología versátil en el tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 49-66.
- Muñoz, M. (s.f.). Características y usos de los diagramas de Pourbaix. Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13708/Caracter%25C3%25ADsticas%2520y%2520usos.pdf?sequence=3>

Naturalista. (s.f.). Obtenido de <https://www.naturalista.mx/>

Navas, B. (2017). Optimización del crecimiento y producción del carotenoide astaxantina por la microalga *Haematococcus* sp. en diferentes condiciones de cultivo. Tesis de Maestría en Ciencias en Acuicultura. México.

OEFA. (2015). Fiscalización ambiental de aguas residuales. Lima: Ministerio del Ambiente.

OEFA. (2016). Estudios en poblaciones afectadas por metales pesados en Pasco. Lima: Source Internacional de Italia.

Oré, F., Lavado, C., & Bendezú, S. (2015). Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz (*Zea mays*). Revista de la Sociedad Química del Perú, 81(2), 122-134. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v81n2/a05v81n2.pdf>

Perenguez, B., & Valdez, C. (2017). Análisis de remoción de cadmio por acción de la Microalga *Chlorella* Sp. inmovilizada en perlas de Alginato. Tesis de grado - Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.

Pérez, J., Peña, E., López, R., Hernández, I., Ramírez, C., & Ortega, H. (2013). Metales pesados y calidad del agua residual en relación con el riego agrícola. ResearchGate. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/309769849>

PerkinElmer, Inc. (2016). AAnalyst 200User's Guide. Washington.

- Plaza, J. (2012). Remoción de metales pesados empleando algas marinas. Tesis Doctoral - Universidad Nacional de La Plta. Buenos Aires, Argentina.
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial - UNMSM*, 17(1), 71-80.
Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Raven , P., Evert, R., & Eichhorn, S. (2005). *Biology of Plants*. New York: W.H. Freeman .
- Ren, H., Gao, Z., Wu, D., Jiang, J., Sun, Y., & Luo, C. (2016). Efficient Pb(II) removal using sodium alginate–carboxymethyl cellulose gel beads: Preparation, characterization, and adsorption mechanism. *Carbohydrate Polymers*, 137(10), 402-409.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.11.002>
- Resolución Jefatural N°010-2016-ANA. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66-77.
- Shu, C., Koon, H., Pasbakhsh, P., Eong, P., Ti, B., & Seng, E. (2016). Stability and reusability of alginate-based adsorbents for repetitive lead (II) removal. *Polymer Degradation and Stability*, 123, 146-154. doi:<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2015.11.022>
- Source International de Italia. (2018). Análisis ambiental de la calidad de los recursos hídricos en la zona minera de Cerro de Pasco y biomonitorio de metales en niños y niñas del

- centro poblado de Paragsha, Centro de Pasco - Perú. Lima: Source International de Italia.
- Tejada, C., Villabona, A., & Garcés, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnológicas*, 18(34), 109-123.
- UNESCO. (2015). www.unesco.org. Obtenido de http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf
- UNESCO. (2017). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017: Aguas residuales: el recurso no explotado. París: UNESCO.
- Universidad Tecnológica Nacional. (2015). Contaminación atmosférica e hídrica en Argentina. Buenos Aires: Allende, Puliafito, Panigatti Editores.
- UNNE. (2014). Guía Técnica de Diversidad Vegetal. Corrientes: UNNE.
- Viscaíno, L., & Fuentes, N. (2015). Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscaras de naranja y tuna. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina - Universidad de La Guajira*, 25(1), 43-60. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/287107850_Biosorcion_de_Cd_Pb_y_Zn_por_biomasa_pretratada_de_algas_rojas_cascara_de_naranja_y_tuna/link/5695404008ae820ff074ae14/download
- Wang, S., Vincent, T., Faur, C., & Guibal, E. (2016). Alginate and Algal-Based Beads for the Sorption of Metal Cations: Cu(II) and Pb(II). *International Journal of Molecular Sciences*, 17(9). doi:10.3390/ijms17091453

Wu, D., Gao, Z., Ren, H., Jiang, J., Tan, F., & Xu, B. (2016). Effective Adsorption of Pb(II) Ions by Gel Beads of Sodium Alginate and Polyethylene Glycol. *Journal of residuals science and technology*, 13(1). doi:<http://dx.doi.org/10.12783/issn.1544-8053/13/2/S1>

ANEXOS

Anexo 1

Carta de autorización de la empresa

Huayllay, 07 de Agosto del 2018

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Javier Gómez Flores, superintendente del Área de Asuntos Ambientales de la Compañía Minera Chungar, autorizo a la señorita Jennifer Sheila Magno Vargas, la utilización de aguas residuales industriales para la elaboración, sustentación y publicación de la tesis que ella desarrolla en la Universidad Peruana Unión.

Precisando que los resultados obtenidos y publicados en dicha investigación no tienen ninguna relación con la empresa a la cual represento, y por lo tanto el nombre de la empresa no debe ser usado ni publicado en dicha investigación.

Sin otro inconveniente, me despido.

Atentamente.



.....
JAVIER GÓMEZ FLORES
Superintendente de Asuntos Ambientales
COMPAÑIA MINERA CHUNGAR S.A.C.

Anexo 2
Cadena de custodia (07/08/2018)

CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO DE AGUA										N° 054440		Código: F-OMA-051 Versión: 07 Fecha: 27/09/2017							
DATOS DEL SOLICITANTE					PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS					N° Orden de Servicio (OS)		N° Sol. Servicio (S/S Lab)							
Cliente Solicitante:					Referencia/Proyecto ⁽¹⁾ : <i>Monitoreo Agua Residual</i>														
Dirección:					Distrito: <i>Jhuay Uay</i>					DATOS DEL ENVÍO		TIPO DE SERVICIO							
Contacto:					Provincia: <i>C. de Pasco</i> Dpto: <i>Pasco</i>					Fecha: <i>07-08-18</i>		Semestral: <input type="checkbox"/>							
Correo Electrónico:					ENSAYOS SOLICITADOS (ver reverso)					Agencia:		Manual: <input type="checkbox"/>							
Teléfono:										Aerolínea: <i>OTRO X</i>		Trimestral: <input checked="" type="checkbox"/>							
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA										RESULTADOS PARÁMETROS BWTU				OBSERVACIONES DE CAMPO					
ESTACIÓN DE MUESTREO		MUESTREO		TIPO DE MATRIZ (2)	GEOREFERENCIA (UTM WGS84)	ALTITUD (m.s.n.m.)	ZONA (T, S, N)	Cantidad de Ensayos	Método	T ^{Env.} (°C)	pH (Unidad de pH)	OD (mg/L)	ORP (mV)	Conductividad (µS/cm)	Cloro Libre (mg/L)	Turbidez (NTU)	Caudal (L/S)	Materiales Flotantes	Indicar observaciones relevantes en el monitoreo: color, olor, clima, materiales extraños, etc)
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	FECHA (dd-mm-aa)	HORA							T ^{Amb.} (°C)	Batimetría (m)	Cloro Total (mg/L)							
<i>EZ1</i>	<i>PTAR1</i>	<i>07-08-18</i>	<i>10:00</i>	<i>AR1</i>				<i>03</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>29.8</i>	<i>7.79</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>2150</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>Indicar turbidez color plomo sin cloro turbidez plomo</i>
<i>EZ1</i>	<i>PTAR1</i>	<i>07-08-18</i>	<i>10:10</i>	<i>AR1</i>				<i>03</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>32.4</i>	<i>7.72</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>2490</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>Indicar turbidez color plomo sin cloro turbidez plomo</i>
									Total Ensayos: <i>06</i>										
<p>(1) Indicar la referencia y lugar de procedencia de las muestras como se desea que sean emitidos en el Informe de Ensayos. (2) Revisar cuadro para el Tipo de Matriz.</p>										EQUIPOS DE CAMPO UTILIZADOS:				CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO					
<p>TIPO DE MATRIZ</p> <p>ASUB: Agua Subterránea AP: Agua Pluvial AS: Agua Superficial AC: Agua para Uso y Consumo Humano* ARD: Agua Residual Doméstica AMAR: Agua de Mar (salina) ARI: Agua Residual Industrial APRIO: Agua de Proceso ARM: Agua Residual Municipal</p> <p>CONTROL DE CALIDAD</p> <p>BKC: Blanco de Campo, BKV: Blanco Vajero, DUP: Duplicado</p> <p>* Incluye: Agua de Bebé, Pluma o Laguna Artificial.</p>										<p>Nombre: <i>Multiparametro</i> Marca: <i>HIACH</i> Código Interno: <i>-</i></p>				<p>Envasos adecuados: <input type="checkbox"/></p> <p>Muestras dentro tiempo máximo de conservación: <input type="checkbox"/></p> <p>Condiciones de preservación (pH): <input type="checkbox"/></p> <p>Condiciones de conservación (T°): <input type="checkbox"/></p> <p>Nota: En caso de No Conformidad (NC) especificar en el cuadro de Observaciones. C: Conforme NC: No Conforme</p>					
<p>PROCEDIMIENTO DE MUESTREO UTILIZADO:</p> <p>OBSERVACIONES (Campo):</p>										OBSERVACIONES (Laboratorio)									
<p>MUESTREO POR INSPECTORATE <input type="checkbox"/></p> <p>MUESTREO POR EL CLIENTE <input checked="" type="checkbox"/></p>																			
<p>Firma del Inspector responsable del muestreo</p> <p>Nombre: <i>Raul Arteaga Luis</i></p> <p>Fecha: <i>07-08-18</i> hora: <i>10:00</i></p>					<p>Firma del supervisor en campo (o cliente)</p> <p>Nombre: <i>Jennifer Huano Vargas</i></p> <p>Fecha: <i>07-08-18</i> hora: <i>10:00 am</i></p>					<p>Sello de Recepción de Muestras</p> <p>Nombre: <i>Bayam Condova Velez</i></p> <p>Fecha: <i>07/08/18</i> hora: <i>09:00 AM</i></p>					F-OMA-051				

Anexo 3
Cadena de custodia (08/08/2018)

CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO DE AGUA										Nº 054441		Código: F-OMA-051 Versión: 07 Fecha: 27/09/2017										
DATOS DEL SOLICITANTE					PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS					Nº Orden de Servicio (OS)		Nº Sol. Servicio (S/S Lst)										
Cliente/ Solicitante:					Referencia/Proyecto: <i>Monitores Agua Fecund.</i>																	
Dirección:					Distrito: <i>Shay Way</i>					DATOS DEL ENVÍO		TIPO DE SERVICIO										
Contacto:					Provincia: <i>C. de Pasco</i> Dpto. <i>Pasco</i>					Fecha: <i>08-08-18</i>		Semanal: <input type="checkbox"/>		Semestral: <input type="checkbox"/>								
Correo Electrónico:					ENSAYOS SOLICITADOS (ver reverso)					Agencia:		Manual: <input type="checkbox"/>		No periódico: <input type="checkbox"/>								
Teléfono:										Aerolínea: <i>OTR X</i>		Turbado: <input type="checkbox"/>		Tribunal: <input type="checkbox"/>		Otro: <input checked="" type="checkbox"/>						
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA										RESULTADOS PARÁMETROS IN SITU				OBSERVACIONES DE CAMPO								
ESTACIÓN DE MUESTREO		MUESTREO			TIPO DE MATRIZ (D)		GEOREFERENCIA (UTM WGS84)		ALTITUD (m s.n.m.)		ZONA (T, S, N)		Cantidad de Envases									
NOMBRE		DESCRIPCIÓN			FECHA (dd-mm-aa)		HORA		TIPO DE MATRIZ (D)		GEOREFERENCIA (UTM WGS84)		ALTITUD (m s.n.m.)		ZONA (T, S, N)		Cantidad de Envases		Observaciones			
<i>CP1</i>		<i>CONO</i>			<i>08-08-18</i>		<i>11:00</i>		<i>AR1</i>								<i>03</i>		<i>✓</i>		<i>sin oler turbia, rojo</i>	
<i>CP2</i>		<i>CONO</i>			<i>08-08-18</i>		<i>11:10</i>		<i>AR1</i>								<i>03</i>		<i>✓</i>		<i>sin oler turbia, rojo</i>	
										Total Envases: <i>06</i>												

(1) Indicar la referencia y lugar de procedencia de las muestras como se desea que sean ambas en el ítem de Ensayos.
(2) Revisar cuadro para el Tipo de Matriz.

TIPO DE MATRIZ		
ASUB: Agua Subterránea	AP: Agua Potable	
AS: Agua Superficial	AC: Agua para Uso y Consumo Humano*	
ARD: Agua Residual Doméstica	AMAR: Agua de Mar (salina)	
ARI: Agua Residual Industrial	APRO: Agua de Proceso	
ARM: Agua Residual Municipal		

EQUIPOS DE CAMPO UTILIZADOS		
Nombre	Marca	Código Interno
<i>Multiparametro</i>	<i>HACH</i>	<i>-</i>

CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO	
Envases adecuados	<input type="checkbox"/>
Muestras dentro tiempo máximo de conservación	<input type="checkbox"/>
Condiciones de preservación (pH)	<input type="checkbox"/>
Condiciones de conservación (T*)	<input type="checkbox"/>
Nota: En caso de No Conformidad (NC) especificar en el cuadro de Observaciones.	
C: Conforme NC: No Conforme	
OBSERVACIONES (Laboratorio)	

* Incluye: Agua de Bebida, Piscina o Laguna Artificial.

MUESTREADO POR INSPECTORATE MUESTREADO POR EL CLIENTE

Firma del Inspector responsable del muestreo Nombre: <i>Agul Arzaaga Luis</i> Fecha: <i>08-08-18</i> hora: <i>11:00 am</i>	Firma del supervisor en campo (o cliente) Nombre: <i>Jennifer Huano Vargas</i> Fecha: <i>08-08-18</i> hora: <i>11:00 am</i>	Sello de Recepción de Muestras Nombre: <i>Bryan Cordova Velez</i> Fecha: <i>08/08/18</i> hora: <i>09:00 AM</i>
--	---	--

F-OMA-051

Anexo 4
Informe de Ensayo Inicial

INFORME DE ENSAYO N°001

DATOS OBTENIDOS DE MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Lima, 13 de Agosto del 2018

La presente tiene como objetivo reportar los datos obtenidos mediante espectrofotometría de absorción atómica realizados a la Srta. Jennifer Magno Vargas en el Lab. De Análisis Instrumental debido a que actualmente viene realizando su tesis en lo concerniente a la remoción de metales pesados en efluentes acuosos. Cabe indicar que la presente no tiene ninguna validez legal ni institucional dado que los análisis fueron realizados de colaboración mutua entre la Srta. Jennifer Magno Vargas y mi persona para poder concluir los ensayos de su tesis de licenciatura

RESULTADOS:

Muestra			Elementos	
N°	Código del Cliente	Fecha de muestreo	Pb(II) ppm	Zn(II) ppm
1	CPI	07-08-2018	197	5
2	E2i	08-08-2018	12	-

Observaciones:

En la muestra del código E2i no se detectó la presencia de iones Pb(II).


Lic. Bryan Manuel Córdova Vélez
QUÍMICO

Anexo 5
Informe de Ensayo CPi

INFORME DE ENSAYO N°002

DATOS OBTENIDOS DE MUESTRAS DESPUES DE TRATAMIENTO

Lima, 20 de Agosto del 2018

La presente tiene como objetivo reportar los datos obtenidos mediante espectrofotometría de absorción atómica realizados a la Srta. Jennifer Magno Vargas en el Lab. De Análisis Instrumental debido a que actualmente viene realizando su tesis en lo concerniente a la remoción de metales pesados en efluentes acuosos. Cabe indicar que la presente no tiene ninguna validez legal ni institucional dado que los análisis fueron realizados de colaboración mutua entre la Srta. Jennifer Magno Vargas y mi persona para poder concluir los ensayos de su tesis de licenciatura

RESULTADOS

Muestra			Elementos					
Ensayo N°	Código del Cliente	Fecha de muestreo	1 - Pb(II) ppm	1 - Zn(II) ppm	2 - Pb(II) ppm	2 - Zn(II) ppm	3 - Pb(II) ppm	3 - Zn(II) ppm
1	CPi	17-08-2018	4	140	3.5	132	4	147
2	CPi	17-08-2018	4.5	142	4	140	3	145
3	CPi	17-08-2018	3.5	138	3.6	140	4	140

Observaciones:

Se realizó tres (03) ensayos con tres (03) mediciones después del tratamiento de la muestra CPi, obteniéndose seis (06) valores por ensayo.


Lic. Bryan Manuel Córdova Vélez
QUÍMICO

Anexo 6
Informe de Ensayo E2i

INFORME DE ENSAYO N°003

DATOS OBTENIDOS DE MUESTRAS DESPUES DE TRATAMIENTO

Lima, 20 de Agosto del 2018

La presente tiene como objetivo reportar los datos obtenidos mediante espectrofotometría de absorción atómica realizados a la Srta. Jennifer Magno Vargas en el Lab. De Análisis Instrumental debido a que actualmente viene realizando su tesis en lo concerniente a la remoción de metales pesados en efluentes acuosos. Cabe indicar que la presente no tiene ninguna validez legal ni institucional dado que los análisis fueron realizados de colaboración mutua entre la Srta. Jennifer Magno Vargas y mi persona para poder concluir los ensayos de su tesis de licenciatura

RESULTADOS:

Muestra			Elementos		
Ensayo N°	Código del Cliente	Fecha de muestreo	1- Zn(II) ppm	2 - Zn(II) ppm	3 - Zn(II) ppm
1	E2i	17-08-2018	4	3	4.5
2	E2i	17-08-2018	5	3	3.5
3	E2i	17-08-2018	4.5	4	3.5

Observaciones:

Se realizó tres (03) ensayos con tres (03) mediciones después del tratamiento de la muestra E2i, obteniéndose tres (03) valores por ensayo para Zn(II).

Lic. Bryan Manuel Córdova Vélez
QUÍMICO

Anexo 7
Anexo fotográfico que soportan la realización del estudio



Foto 1. Muestras de agua obtenidas para el estudio



Foto 2. Alginato de Algas pardas utilizados en el estudio



Foto 3. Materiales de laboratorio utilizados en el estudio



Foto 4. Equipo de Absorción Atómica



Foto 5. Análisis iniciales de Pb(II) y Zn(II)



Foto 6. Sedimentación de las muestras post tratamiento

Anexo 8

Decreto Supremo 010-2010-MINAM "Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas."

424114	NORMAS LEGALES	El Peruano Lima, sábado 21 de agosto de 2010
la Ministra de Economía y Finanzas y por el Ministro de Transportes y Comunicaciones.	Que, en este sentido, la participación en estos eventos permitirá obtener recursos y generar la posibilidad de capacitación a los funcionarios del OSIPTEL en políticas de telecomunicaciones, gestión o gerencia de telecomunicaciones, nuevas tecnologías, servicios de telecomunicaciones y regulación de las telecomunicaciones.	
Regístrese, comuníquese y publíquese.	Que, el señor Alejandro Gustavo Jiménez Morales además de ser el Gerente General del OSIPTEL es responsable de las coordinaciones con el Centro de Excelencia de la América de la UIT, por lo cual su participación permitirá un adecuado intercambio de experiencias e información sobre temas muy importantes para la regulación de los servicios públicos de telecomunicaciones y las políticas de capacitación y fortalecimiento de las capacidades de los recursos humanos del sector.	
ALAN GARCÍA PÉREZ Presidente Constitucional de la República	Que, la UIT asumirá los costos del pasaje aéreo del citado funcionario, correspondiendo asumir al OSIPTEL, con cargo a su presupuesto, los gastos por concepto de viáticos y tarifa única por uso de aeropuerto;	
JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN Presidente del Consejo de Ministros	De conformidad con lo establecido por la Ley N° 27619, Ley que regula la autorización de viajes al exterior de funcionarios y servidores públicos del Poder Ejecutivo; su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 047-2002-PCM; la Ley N° 29289, la Ley N° 29465, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2010; y el Reglamento de Organización y Funciones de la Presidencia del Consejo de Ministros, aprobado por el Decreto Supremo N° 063-2007-PCM; y,	
MERCEDES ARÁOZ FERNÁNDEZ Ministra de Economía y Finanzas	Estando a lo acordado;	
ENRIQUE CORNEJO RAMÍREZ Ministro de Transportes y Comunicaciones	SE RESUELVE:	
533964-6	Artículo 1°.- Autorizar el viaje del señor Alejandro Gustavo Jiménez Morales, Gerente General del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones - OSIPTEL, a la ciudad de Bogotá, República de Colombia, del 29 de agosto al 4 de setiembre de 2010, para los fines expuestos en la parte considerativa de la presente resolución.	
Autorizan viaje de funcionario de OSIPTEL a Colombia para participar en eventos organizados por el Centro de Excelencia de las Américas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones	Artículo 2°.- Los gastos que irroque el cumplimiento de la presente resolución se efectuarán con cargo al presupuesto del OSIPTEL, de acuerdo al siguiente detalle:	
RESOLUCIÓN SUPREMA N° 194-2010-PCM	Tarifa Única por Uso de Aeropuerto US\$ 31,00 Viáticos US\$ 1 200,00	
Lima, 20 de agosto de 2010	Artículo 3°.- Dentro de los quince (15) días calendario siguientes de efectuado el viaje, el referido funcionario deberá presentar a su institución un informe detallado describiendo las acciones realizadas, los resultados obtenidos y la rendición de cuentas por los viáticos entregados.	
Vista, la Carta N° 816-GG-RI/2010 del Gerente General del Consejo Directivo del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones - OSIPTEL; y,	Artículo 4°.- La presente Resolución no otorga derecho a exoneración o liberación de impuestos aduaneros de ninguna clase o denominación.	
CONSIDERANDO:	Artículo 5°.- La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.	
Que, por comunicación de fecha 27 de julio de 2010 la Asesora en Gestión y Desarrollo de Recursos Humanos del Centro de Excelencia para la Región Américas de la Oficina Regional de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT para las Américas ha invitado al Gerente General del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones - OSIPTEL a participar en la "I Reunión del Comité Estratégico y de Calidad del Centro de Excelencia de las Américas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT", así como en el "IV Foro Internacional Futuro de las Tecnologías de la Información en Telecomunicación - TIC en la Región Américas", a llevarse a cabo en la ciudad de Bogotá, República de Colombia, del 30 de agosto al 3 de setiembre de 2010;	Regístrese, comuníquese y publíquese.	
Que, los mencionados eventos son organizados por el Centro de Excelencia de las Américas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y cuentan con la colaboración de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Colombia;	ALAN GARCÍA PÉREZ Presidente Constitucional de la República	
Que, las citadas reuniones congregarán a los expertos de la región de los organismos reguladores de telecomunicaciones y de las instituciones que forman parte de la Red de Nodos del Centro de Excelencia de las Américas de la UIT;	JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN Presidente del Consejo de Ministros	
Que, en atención al prestigio internacional del OSIPTEL, este organismo ha sido reconocido e incorporado a la Red de Nodos del Centro de Excelencia de las Américas, habiéndose firmado para ello, el 3 de octubre de 2008, el Acuerdo de Participación de dicha Red de Nodos entre el OSIPTEL y la UIT;	533964-7	
Que, en el marco de este Acuerdo, el OSIPTEL y la UIT realizan actividades conjuntas con la finalidad de fortalecer las capacidades de los funcionarios del OSIPTEL, siendo la línea de contar con un mecanismo regional que fortalezca la capacidad de generar conocimiento y experiencia para el talento humano de más alto nivel de la Región Américas y contribuir a su capacitación y desarrollo;	AMBIENTE	
Que, en el IV Foro Internacional Futuro de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Región Américas se tratarán importantes temas del sector, tales como la participación empresarial necesaria para el aporte de las TIC al desarrollo social, las redes de bajo costo en la inclusión digital, las aplicaciones TIC en las Américas, la regulación de aplicaciones, contenidos y televisión digital;	Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas	
	DECRETO SUPREMO N° 010-2010-MINAM	
	EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA:	

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el artículo 32° de la Ley N° 28611 modificado por el Decreto Legislativo N° 1055, establece que la determinación del Límite Máximo Permissible - LMP, corresponde al Ministerio del Ambiente y su cumplimiento es exigible legalmente por éste y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, 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 la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, modificado por el Decreto Legislativo N° 1039, establece como función específica de dicho Ministerio elaborar los ECA y LMP, de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 011-96-EM-VMM, se aprobaron los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos minero-metalúrgicos;

Que, el conocimiento actual de las condiciones de biodisponibilidad y biotoxicidad de los elementos que contiene los efluentes líquidos descargados al ambiente por acción antrópica y la forma en la que éstos pueden afectar los ecosistemas y la salud humana, concluyen que es necesario que los LMP se actualicen para las Actividades Minero-Metalúrgicas, a efecto que cumplan con los objetivos de protección ambiental;

Que, el Ministerio de Energía y Minas ha remitido una propuesta de actualización de LMP para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas, la misma que fue publicada para consulta y discusión pública en el Diario Oficial El Peruano habiéndose recibido comentarios y observaciones que han sido debidamente meritados;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1°.- Objeto

Aprobar los Límites Máximos Permisibles - LMP, para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas de acuerdo a los valores que se indica en el Anexo 01 que forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2°.- Ámbito de Aplicación

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las actividades minero-metalúrgicas que se desarrollen dentro del territorio nacional.

Artículo 3°.- Definiciones

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos y definiciones:

³ **3.1 Autoridad Competente.-** Autoridad que ejerce las funciones de evaluación y aprobación de los instrumentos de gestión ambiental de la actividad minero-metalúrgica. En el caso de la gran y mediana minería dicha Autoridad Competente es el Ministerio de Energía y Minas, mientras que para la pequeña minería y minería artesanal son los Gobiernos Regionales.

3.2 Efluente Líquido de Actividades Minero - Metalúrgicas.- Es cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores, que proviene de:

a) Cualquier labor, excavación o movimiento de tierras efectuado en el terreno cuyo propósito es el

desarrollo de actividades mineras o actividades conexas, incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte y cierre de minas, así como campamentos, sistemas de abastecimiento de agua o energía, talleres, almacenes, vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público), y otros;

b) Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación magnética, amalgamación, reducción, tostación, sinterización, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros;

c) Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociado con actividades mineras o conexas, incluyendo plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos;

d) Cualquier depósito de residuos mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros;

e) Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras; y

f) Cualquier combinación de los antes mencionados.

3.3 Ente Fiscalizador.- Autoridad que ejerce las funciones de fiscalización y sanción de la actividad minera-metalúrgica; para la gran y mediana minería será el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN, hasta que el Organismo de Evaluación y Fiscalización del Ambiente - OEFA asuma dichas funciones, y para la pequeña minería y minería artesanal de los Gobiernos Regionales.

3.4 Límite Máximo Permissible (LMP).- Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental.

3.5 Límite en cualquier momento.- Valor del parámetro que no debe ser excedido en ningún momento. Para la aplicación de sanciones por incumplimiento del límite en cualquier momento, éste deberá ser verificado por el fiscalizador o la Autoridad Competente mediante un monitoreo realizado de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes.

3.6 Límite promedio anual.- Valor del parámetro que no debe ser excedido por el promedio aritmético de todos los resultados de los monitoreos realizados durante los últimos doce meses previos a la fecha de referencia, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes y el Programa de Monitoreo.

3.7 Monitoreo de Efluentes Líquidos.- Evaluación sistemática y periódica de la calidad de un efluente en un Punto de Control determinado, mediante la medición de parámetros de campo, toma de muestras y análisis de las propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas de las mismas, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes.

3.8 Parámetro.- Cualquier elemento, sustancia o propiedad física, química o biológica del efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas que define su calidad y que se encuentra regulado por el presente Decreto Supremo.

3.9 Punto de Control de Efluentes Líquidos.- Ubicación aprobada por la Autoridad Competente en la cual es obligatorio el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles.

3.10 Programa de Monitoreo.- Documento de cumplimiento obligatorio por el titular minero, contiene la ubicación de los puntos de control de efluentes y cuerpo receptor, los parámetros y frecuencias de monitoreo de cada punto para un determinado centro de actividades minero - metalúrgicas.

Es aprobado por la Autoridad Competente como parte de la Certificación Ambiental y puede ser modificado por ésta de oficio o a pedido de parte, a efectos de eliminar, agregar o modificar puntos de control del efluente y cuerpo

receptor, parámetros o frecuencias, siempre que exista el sustento técnico apropiado. El Ente Fiscalizador podrá recomendar las modificaciones que considere apropiadas a consecuencia de las acciones de fiscalización.

El Programa de Monitoreo considerará, además de los parámetros indicados en el presente anexo, los parámetros siguientes:

- a) Caudal
- b) Conductividad eléctrica
- c) Temperatura del efluente
- d) Turbiedad

La autoridad Competente podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

3.11 Protocolo de Monitoreo.- Norma aprobada por el Ministerio de Energía y Minas en coordinación con el Ministerio del Ambiente, en la que se indican los procedimientos que se deben seguir para el monitoreo del cuerpo receptor y de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas. Sólo será considerado válido el monitoreo realizado de conformidad con este Protocolo, su cumplimiento es materia de fiscalización.

3.12 Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP.- Documento mediante el cual el Titular Minero justifica técnicamente la necesidad de un plazo de adecuación mayor al indicado, de acuerdo al artículo 4° numeral 4.2. del presente Decreto Supremo, el cual describe las acciones e inversiones que ejecutará para garantizar el cumplimiento de los LMP. Este Plan se incorporará al correspondiente estudio ambiental y de ser el caso será parte de la actualización del plan de manejo ambiental señalada en el artículo 30° del Reglamento de la Ley N° 27446, aprobado por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM.

3.13 Titular Minero.- Es la persona natural o jurídica que ejerce la actividad minera.

Artículo 4°.- Cumplimiento de los LMP y plazo de adecuación

4.1 El cumplimiento de los LMP que se aprueban por el presente dispositivo es de exigencia inmediata para las actividades minero - metalúrgicas en el territorio nacional cuyos estudios ambientales sean presentados con posterioridad a la fecha de la vigencia del presente Decreto Supremo.

4.2 Los titulares mineros que a la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo cuenten con estudios ambientales aprobados, o se encuentren desarrollando actividades minero - metalúrgicas, deberán adecuar sus procesos, en el plazo máximo de veinte (20) meses contados a partir de la entrada en vigencia de este dispositivo, a efectos de cumplir con los LMP que se establecen.

Los titulares mineros que hayan presentado sus estudios ambientales con anterioridad a la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo y son aprobados con posterioridad a éste, computarán el plazo de adecuación a partir de la fecha de expedición de la Resolución que apruebe el Estudio Ambiental.

4.3 Sólo en los casos que requieran el diseño y puesta en operación de nueva infraestructura de tratamiento para el cumplimiento de los LMP, la Autoridad Competente podrá otorgar un plazo máximo de treinta y seis (36) meses contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo, para lo cual el Titular Minero deberá presentar un Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, que describa las acciones e inversiones que se ejecutará para garantizar el cumplimiento de los LMP y justifique técnicamente la necesidad del mayor plazo.

El Plan en mención deberá ser presentado dentro de los seis (06) meses contados a partir de la entrada en vigencia del presente dispositivo.

Mediante Resolución Ministerial, el Ministerio de Energía y Minas aprobará los criterios y procedimientos para la evaluación de los Planes de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como los Términos de Referencia que determinen su contenido mínimo.

Artículo 5°.- Prohibición de dilución o mezcla de Efluentes

De acuerdo con lo previsto en el artículo 113° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, todo Titular Minero tiene el deber de minimizar sus impactos sobre las aguas naturales, para lo cual debe limitar su consumo de agua fresca a lo mínimo necesario.

No está permitido diluir el efluente líquido con agua fresca antes de su descarga a los cuerpos receptores con la finalidad de cumplir con los LMP establecidos en el artículo 1° del presente Decreto Supremo.

Asimismo, no está permitida la mezcla de efluentes líquidos domésticos e industriales, a menos que la ingeniería propuesta para el tratamiento o manejo de aguas, así lo exija, lo cual deberá ser justificado técnicamente por el Titular Minero y aprobado por la autoridad Competente.

Artículo 6°.- Resultados del monitoreo

La Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas, es responsable de la administración de la base de datos de monitoreo de efluentes líquidos y calidad de agua de todas las actividades minero - metalúrgicas; los titulares mineros están obligados a reportar a dicha Dirección General los resultados del monitoreo realizado. Asimismo, el Ente Fiscalizador deberá remitir a la citada Dirección General los resultados del monitoreo realizado como parte de sus actividades de fiscalización.

La Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros garantizará el acceso oportuno y eficiente a la base de datos al Ente Fiscalizador. Asimismo, deberá elaborar dentro de los primeros sesenta (60) días calendario de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo reportados por los titulares mineros durante el año anterior, el cual será remitido al Ministerio del Ambiente.

Artículo 7°.- Fiscalización y Sanción

La fiscalización y sanción por el incumplimiento de los LMP aprobados en el presente Decreto Supremo, así como de la ejecución del Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP está a cargo del Ente Fiscalizador, quien en el desarrollo de sus funciones, recurrirá, entre otros, a la base de datos de monitoreo ambiental administrada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas.

Artículo 8°.- Coordinación interinstitucional

Si en el ejercicio de su función de fiscalización, supervisión y/o vigilancia, alguna autoridad toma conocimiento de la ocurrencia de alguna infracción ambiental relacionada al incumplimiento de los LMP aprobados por el presente dispositivo, y cuya sanción no es de su competencia, deberá informar al Ente Fiscalizador correspondiente o a la autoridad competente, adjuntando la documentación correspondiente.

Artículo 9°.- Regímenes de Excepción

De manera excepcional, la Autoridad Competente podrá exigir el cumplimiento de límites de descarga más rigurosos a los aprobados por el presente Decreto Supremo, cuando de la evaluación del correspondiente instrumento de gestión ambiental se concluya que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento del respectivo Estándar de Calidad Ambiental - ECA.

Artículo 10°.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Energía y Minas.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- El Ministerio de Energía y Minas, en coordinación con el Ministerio del Ambiente aprobará el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos en un plazo no mayor de doscientos cincuenta (250) días calendario contados a partir de su entrada en vigencia del presente Decreto Supremo.

Segunda.- En el plazo máximo de sesenta (60) días calendario contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio de Energía y



Minas aprobará los Términos de Referencia conforme a los cuales deba elaborarse el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como el procedimiento de evaluación de dichos planes.

Tercera.- En el plazo de dos (02) años contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio del Ambiente en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas evaluará la necesidad de establecer nuevos LMP para los siguientes parámetros:

- Nitrógeno amoniacal
- Nitrógeno como nitratos
- Demanda Química de Oxígeno
- Aluminio
- Antimonio
- Manganeso
- Molibdeno
- Níquel
- Fenol
- Radio 226
- Selenio
- Sulfatos

Para tal efecto, el Ministerio de Energía y Minas dispondrá la modificación de los Programas de Monitoreo de las actividades mineras en curso de modo que se incluyan los parámetros aquí mencionados.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Hasta la aprobación del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos se aplicará supletoriamente, el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua, aprobado por Resolución Directoral N° 004-94-EM/DGAA.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Deróguese la Resolución Ministerial N° 011-96-EM/MM, salvo los artículos 7°, 9°, 10°, 11° y 12°, así como los Anexos 03, 04, 05 y 06, los cuales mantienen su vigencia hasta la aprobación y entrada en vigencia del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinte días del mes de agosto del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG
Ministro del Ambiente

PEDRO SÁNCHEZ GAMARRA
Ministro de Energía y Minas

ANEXO 01

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
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

(*) En muestra no filtrada

- Los valores indicados en la columna "Límite en cualquier momento" son aplicables a cualquier muestra colectada por el Titular Minero, el Ente Fiscalizador o la Autoridad Competente, siempre que el muestreo y análisis hayan sido realizados de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas; en este Protocolo se establecerán entre otros aspectos, los niveles de precisión, exactitud y límites de detección del método utilizado.

- Los valores indicados en la columna "Promedio anual" se aplican al promedio aritmético de todas las muestras colectadas durante el último año calendario previo a la fecha de referencia, incluyendo las muestras recolectadas por el Titular Minero y por el Ente Fiscalizador siempre que éstas hayan sido recolectadas y analizadas de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas

533964-1

COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO

Autorizan viaje de representante de PROMPERÚ a la República Popular China para participar en la Feria "Asia Fruit Logística 2010"

RESOLUCIÓN SUPREMA N° 103-2010-MINCETUR

Lima, 20 de agosto de 2010

Visto el Oficio N° 301-2010-PROMPERU/SG, de la Secretaría General de la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ.

CONSIDERANDO:

Que, la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ, es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, competente para proponer y ejecutar los planes y estrategias de promoción de bienes y servicios exportables, así como de turismo interno y receptivo, promoviendo y difundiendo la imagen del Perú en materia turística y de exportaciones;

Que, PROMPERÚ, conjuntamente con cuatro empresas agroexportadoras y cinco gremios exportadores nacionales, han programado su participación en la Feria "ASIA FRUIT LOGÍSTICA 2010", organizado por la empresa Messe Berlin GmbH, a realizarse en la ciudad de Hong Kong, República Popular China, del 8 al 10 de setiembre del 2010, con el objetivo de promover las exportaciones de frutas y hortalizas frescas en el mercado asiático, a fin de consolidar nuestra presencia como país abastecedor de frutas y hortalizas de calidad;

Que, la participación de PROMPERÚ en este evento permitirá evaluar la participación de las empresas peruanas exportadoras en dicho mercado, así como conocer los aspectos de la cadena de comercialización y distribución de frutas y hortalizas entre las ciudades chinas de Hong Kong y Guangzhou;

Que, la Secretaría General de PROMPERÚ ha solicitado que se autorice el viaje del señor Víctor Germán Sarabia Molina, quien presta servicios en dicha entidad, para que en representación de PROMPERÚ, participe en la referida feria, realizando acciones de promoción de las exportaciones de importancia para el país y coordinando cuanto se refiere a la instalación del stand peruano;

Que, la Ley N° 29465, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2010, prohíbe los viajes al exterior con cargo a recursos públicos, salvo los casos excepcionales que la misma Ley señala, entre ellos, los viajes que se efectúen en el marco de las acciones de promoción de importancia para el Perú, los que deben realizarse en categoría económica y ser autorizados por Resolución Suprema;

De conformidad con el Decreto de Urgencia N° 001-2010, la Ley N° 27790, de Organización y Funciones del