

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
ESCUELA DE POSGRADO
MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE,
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL



**ESTUDIO DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA LA
BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE
MINERÍA**

**LÍNEA DE INVESTIGACION: DESARROLLO
SOSTENIBLE**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE,
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**

TESISTA: QUINO JARA RICARDO

ASESOR: DR. ALEJOS PATIÑO ITALO WILE

HUÁNUCO – PERÚ
2018

DEDICATORIA

A Dios por darnos la oportunidad de vivir y por estar con nosotros en cada paso que damos, por iluminarnos nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio

A mi padre por darme la mejor educación y enseñarme que todas las cosas hay que valorarlas, trabajarlas y lucharlas para lograr los objetivos de la vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, en especial a la Escuela de Posgrado, en donde nos formaron profesionalmente.

A nuestros docentes por brindarnos sus consejos, experiencias y enseñanzas.

A nuestros padres, amigos y compañeros de la Escuela de Posgrado por todo el tiempo que compartimos en nuestra formación.

RESUMEN

En la investigación “estudio de residuos orgánicos para la biorremediación de aguas residuales de minería” donde el objetivo principal fue. Evaluar la influencia en el uso de residuos orgánicos para la biorremediación de aguas residuales de minería. Para la realización de la presente investigación se utilizó el tratamiento estadístico de los resultados a través del análisis de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados, para esta investigación se empleó los residuos orgánicos de cascara de naranja y cascara de granadilla para la biorremediación de aguas residuales del relave minero de la compañía minera Antamina se trabajó con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Donde la masa óptima para la biorremediación de aguas residuales de minería es equivalente a 20g de cascara de naranja con 95.87% de retención de plomo; donde se trabajó con los siguientes parámetros: pH de 5, tamaño de partícula 0.5mm, cantidad de cascara 20g 15g 10g 5g, tiempo de contacto 4 horas, temperatura 25°C, lectura de absorbancia a 217nm. Los costos de producción en los tratamientos con cascara de naranja obtuvo el menor costo total de 0,40 nuevos soles por litro de agua residual de minería tratada. En el proceso de Linealización para la biomasa de cascara de naranja, la isoterma que más concordó con los resultados experimentales fue la isoterma de Langmuir, $R= 0.913$ el modelo emanado de las dos isotermas resultó ser bueno; con una retención de q_{max} . 344.8mg de plomo/g.

Palabras claves: biorremediación, aguas residuales de minería, residuos orgánicos

ABSTRACT

In the research "study of organic waste for the bioremediation of mining wastewater" where the main objective was. For this research, the organic residues of orange peel and granadilla peel were used for the bioremediation of wastewater from the mine tailings of Antamina We worked with three treatments and four repetitions. Where the optimum mass for bioremediation of mining wastewater is equivalent to 20g of orange peel with 95.87% lead retention; where we worked with the following parameters: pH of 5, particle size 0.5mm, amount of shell 20g 15g 10g 5g, contact time 4 hours, temperature 25°C, absorbance reading at 217nm. Production costs in orange peel treatments obtained the lowest total cost of 0.40 nuevos soles per liter of treated mining wastewater. In the Linearization process for the orange peel biomass, the isotherm that most corresponded to the experimental results was the Langmuir isotherm, $R = 0.913$ the model emanating from the two isotherms turned out to be good; with a retention of q_{max} . 344.82mg of lead/g.

Keywords: bioremediation, mining wastewater, organic waste

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I. ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1 Fundamentación del problema.	12
1.2 Justificación e importancia de la investigación.....	13
1.3 Viabilidad de la investigación	13
1.4 Formulación del problema.....	13
1.4.1 Problema general.....	13
1.4.2 Problema específico	13
1.5 Formulación de objetivos	14
1.5.1 Objetivo general.....	14
1.5.2 Objetivo específico.....	14
CAPÍTULO II. SISTEMA DE HIPÓTESIS	15
2.1 Hipótesis.....	15
2.1.1 Hipótesis general.....	15

2.1.2	Hipótesis específico	15
2.2	Operacionalización de variables	15
2.2.1	Variables independientes (x)	15
2.2.2	Variable dependiente (y)	15
2.3	Definición operacional de las variables	16
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO		17
3.1	Antecedentes	17
3.2	Bases teóricas.	20
3.2.1	Residuos orgánicos	20
3.2.2	Biorremediación	20
3.2.3	Metales pesados	20
3.2.4	Metales pesados en ecosistemas	21
3.2.5	Impacto ambiental	26
3.2.6	Proceso de Biosorción	28
3.2.7	Las pectinas	32
3.3	Bases conceptuales	36
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO		39
4.1	Ámbito	39
4.2	Tipo y nivel de investigación	39
4.3	Población y muestra	39
4.4	Diseño de investigación	41
4.5	Técnicas e instrumentos.	42
4.5.1	Técnicas	42
4.5.2	Instrumentos	44
4.6	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	44
4.6.1	Método de análisis	44

4.6.2	Análisis de metales pesados	45
4.6.3	Métodos teóricos para el tratamiento de datos experimentales en el proceso de biosorción.....	46
4.7	Aspectos éticos	47
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		48
5.1	Análisis descriptivo.	48
5.1.1	Evaluar la influencia en el uso de excedente orgánico para la biorremediación de aguas residuales de minería.....	48
5.1.2	Determinar el porcentaje óptimo de la piel de naranja y granadilla para la biorremediación de aguas residuales de minería.....	52
5.1.3	Determinar los parámetros del agua residual de minería tratada con porcentajes de cascara de naranja y granadilla.	53
5.1.4	Determinar las características microbiológicas de las aguas residuales de minería tratadas con diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla.....	53
5.1.5	Evaluar el costo de la biorremediación de las aguas residuales de minería a base de diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla.	55
5.2	Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis	56
5.3	Discusión de resultados	57
5.3.1	Evaluar la influencia en el uso de residuos orgánicos para la biorremediación de aguas residuales de minería.....	57
5.3.2	Determinar el porcentaje óptimo de la cascara de naranja y granadilla para la biorremediación de aguas residuales de minería.....	57
5.3.3	Determinar los parámetros del agua residual de minería tratada con porcentajes de cascara de naranja y granadilla.	58
5.3.4	Determinar las características microbiológicas de las aguas residuales de minería tratadas con diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla.....	59

5.3.5	Evaluar el costo de la biorremediación de las aguas residuales de minería a base de diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla.	59
5.4	Aporte científico de la investigación.....	60
CONCLUSIONES		61
SUGERENCIAS		62
REFERENCIAS		63
ANEXOS.....		67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Operacionalización de las variables	16
Cuadro 2. Contenido de compuestos pépticos en verduras reconocidas (gramos por 100 gramos de materia fresca).	33
Cuadro 3. Distribución de muestras	40
Cuadro 4. Requisitos instrumentales para el análisis de absorción atómica de metales pesados	44
Cuadro 5. Niveles de correlación, para el estudio del modelo.....	48
Cuadro 6. Proceso de Linealización isoterma de Langmuir para cascara de naranja	49
Cuadro 7. Proceso de Linealización isoterma de Langmuir para cascara de granadilla.	50
Cuadro 8. Proceso de Linealización isoterma de Langmuir para piel de naranja y granadilla.....	51
Cuadro 9. Remoción del plomo del agua residual de minería en mg/g de cada tratamiento.....	52
Cuadro 10. Características microbiológicas del agua del relave minero sin tratamiento.....	54
Cuadro 11. Características microbiológicas del agua del relave minero de Antamina tratada con residuos orgánicos de cascara de naranja y granadilla	54
Cuadro 12. Costos de biorremediación con los residuos orgánicos de naranja y granadilla.....	55
Cuadro 13. Análisis de varianza	56
Cuadro 14. Comparación de los resultaos con la norma técnica	59
Cuadro 15. Resultados de la absorbancia de plomo de aguas del relave minero de la compañía Antamina.	70
Cuadro 16. Proceso de Linealización para la biomasa de cascara de naranja, Isoterma de Langmuir y Freundlich.....	71
Cuadro 17. Proceso de Linealización para la biomasa de cascara de granadilla, Isoterma de Langmuir y Freundlich.....	71
Cuadro 18. Proceso de Linealización para la biomasa de cascara de naranja y granadilla, Isoterma de Langmuir y Freundlich.....	72
Cuadro 19. Costos de la biorremediación de los tratamientos en estudio.....	72

INTRODUCCIÓN

En la actualidad con el cambio climático la escasez de agua es una preocupación creciente y estamos buscando alternativas para reutilizar la mayor cantidad posible de agua superficial, especialmente de las minas. Debido a la capacidad de la pectina para adsorber metales pesados como el mercurio, el cadmio y el plomo, una alternativa es el tratamiento biológico utilizando adsorbentes de bajo costo, residuos orgánicos naturales como el maracuyá o la cáscara de naranja. Entre los principales contaminantes en las aguas residuales de la minería, el plomo tiene la mayor afinidad por la bioabsorción de pectina a través de la quelación (Balaria & Schiewer, 2008).

Entre las tecnologías actuales, la biorremediación no produce residuos tóxicos, puede regenerar muchas veces materiales bioabsorbibles, elimina iones de metales pesados en bajas concentraciones y tiene abundantes materiales utilizados como biosorbentes, ha demostrado ser eficaz y beneficiosa porque es barato (Volesky, 1999).

El trabajo exploratorio se realizó debido a que la Minera Antamina se encuentra ubicada en el límite de la provincia de Ancash y la ciudad de Llata y sus residuos mineros han sido saturados y ahora trasladados a terrenos en la ciudad de Llata, provincia de Huamalies, departamento de Huánuco.

CAPÍTULO I. ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Fundamentación del problema

Debido al cambio climático, la escasez de agua es nuestra mayor preocupación diaria; por ello, se están buscando diferentes métodos para potenciar la reutilización de las aguas superficiales, especialmente en la industria minera, que se ha venido desarrollando en los últimos tiempos. En el Perú, estas actividades industriales no sólo han propiciado el desarrollo económico y el avance tecnológico a través del tiempo, sino también la contaminación del agua cerca de la fuente de relaves (Tapia, 2001).

Dado que la pectina puede adsorber metales pesados como el Hg, el Cd y el Pb, la biorremediación emplea residuos orgánicos naturales como las cáscaras de naranja y maracuyá como adsorbente barato. El plomo, un contaminante importante en los efluentes mineros, es el que tiene mayor afinidad por la biosorción de pectina mediante quelación (Gschaidera, 2004).

Como consecuencia de la creciente actividad industrial, que ha provocado la acumulación de metales pesados y sustancias sintéticas, se han acelerado el deterioro del medio ambiente y la devastación de los ecosistemas.

La pectina es un sorbente natural de bajo coste que adsorbe metales pesados como el Hg, el Cd y el Pb; es uno de los principales contaminantes de las aguas residuales, siendo el plomo el más vulnerable a la quelación (Debbaudt y Gschaidera, 2004).

La biosorción no deja residuos tóxicos, los materiales biosorbentes pueden regenerarse varias veces, los iones metálicos y los metales pesados se eliminan en pequeñas cantidades, y los materiales abundantes y baratos utilizados como biosorbentes han demostrado ser exitosos y beneficiosos (Veglio, F. & Beolchini F, 1997).

1.2 Justificación e importancia de la investigación

Esta investigación se realizó debido a los grandes problemas de contaminación y escasez de aguas superficiales que se vienen presentando en el distrito de Llata, provincia de Huamalés, región Huánuco como consecuencia de la actividad minera diaria de la empresa minera Antamina, ubicada en los departamentos de Ancash y Huánuco, donde las aguas residuales producidas no son aptas para el consumo humano debido a que la cantidad de metales pesados supera los límites máximos permisibles.

1.3 Viabilidad de la investigación

La presente investigación es posible gracias a la utilización de materiales autóctonos, asequibles y de fácil acceso.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general

¿Cómo influye el uso de residuos orgánicos para la biorremediación de aguas residuales de minería?

1.4.2 Problema específico

- ¿Cuál será el porcentaje óptimo de la cascará de naranja y granadilla para la biorremediación de aguas residuales de minería?
- ¿Cuáles serán los parámetros del agua residual de minería tratada con diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla?
- ¿Cuáles serán las características microbiológicas de las aguas residuales de minería tratadas con diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla?
- ¿Cuál será la relación costo beneficio en la biorremediación de las aguas residuales de minería a base de diferentes porcentajes de cascará de naranja y granadilla?

1.5 Formulación de objetivos

1.5.1 Objetivo general

Evaluar la influencia en el uso de residuos orgánicos para la biorremediación de aguas residuales de minería.

1.5.2 Objetivo específico

- Determinar el porcentaje óptimo de la cascara de naranja y granadilla en la biorremediación de aguas residuales de minería.
- Determinar los parámetros del agua residual de minería tratada con porcentajes de cascara de naranja y granadilla.
- Determinar las características microbiológicas de las aguas residuales de minería tratadas con diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla.
- Evaluar el costo de la biorremediación de las aguas residuales de minería a base de diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla.

CAPÍTULO II. SISTEMA DE HIPÓTESIS

2.1 Hipótesis

2.1.1 Hipótesis general

Durante la biorremediación, los residuos orgánicos que dejan las cáscaras de naranja y maracuyá influyen notablemente en la eliminación de metales pesados de los efluentes mineros, lo que es beneficioso para la salud general de la comunidad.

2.1.2 Hipótesis específico

- Las proporciones de cáscaras de naranja y fruta de la pasión tienen un impacto sustancial en la biorremediación de las aguas residuales de mina al mejorar las variables ambientales.
- Los parámetros se ven influidos en parte por las proporciones de cáscaras de naranja y fruta de la pasión.
- Las cualidades microbiológicas de los efluentes de las minas son peligrosas para el consumo humano, ya que superan los límites máximos permitidos.
- La relación coste-beneficio de la biorremediación de las aguas residuales de mina utilizando cáscaras de naranja y fruta de la pasión es superior a uno.

2.2 Operacionalización de variables

2.2.1 Variables independientes (x)

X_1 : Cáscara de naranja y granadilla en la biorremediación de aguas residuales de minería.

2.2.2 Variable dependiente (y)

Y : Parámetros del agua residual de minería tratada con los residuos orgánicos para la biorremediación.

2.3 Definición operacional de las variables

Cuadro 1. Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
DEFINICIÓN DE VARIABLES	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
<p><u>Independientes:</u> En la biorremediación de aguas residuales de residuos mineros, se utilizan diferentes proporciones de fruta de la pasión y cáscara de naranja. Agua residual: Las aguas afectadas por la actividad humana son aquellas cuya calidad se ha visto mermada por las actividades humanas.</p>	<p>Si realizamos una correcta concentración de cascará de granadilla y cascará de naranja en la biorremediación se logrará purificar las aguas residuales del relave minero</p>	Porcentajes	<p>X₁₁: 100% de cascara de granadilla X₁₂: 80% de piel de granadilla y 20% de piel de naranja X₁₃: 60% de piel de granadilla y 40% de piel de naranja. X₁₄: 40% de piel de granadilla y 60% de piel de naranja. X₁₅: 20% de piel de granadilla y 80% de piel de naranja. X₁₆: 100% de piel de naranja.</p>	<p>¿Cuál será el porcentaje óptimo de la piel de granadilla y naranja en la biorremediación de aguas residuales del relave?</p>
<p><u>Dependientes:</u> Proporción óptima de fruta de la pasión y piel de naranja en la biorremediación de aguas residuales de residuos mineros. Biorremediación: La biorremediación es el empleo de microorganismos, hongos vegetales o enzimas producidas a partir de ellos para devolver un entorno alterado a su estado original.</p>		<p>Análisis fisicoquímico</p>	<p>Sólidos totales Carbohidratos Grasas Metales pesados Nitrógeno Ph Fosforo Oxígeno disuelto</p>	<p>¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del agua residual tratada con porcentajes de piel de granadilla y naranja?</p>
		<p>Características microbiológicas</p>	<p>Protista virus</p>	<p>¿Cuáles serán las características microbiológicas de las aguas residuales tratadas con diferentes porcentajes de piel de granadilla y naranja del relave minero?</p>

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Se realizó una experimentación sobre la biosorción de plomo (II) por la cáscara de naranja, también conocida como citrus cinesis, modificada y llevada a cabo por Nelson J. Tapia H., Juan Carlos Muos C., Francisco Torres D., y Alejandro Yarango R. en el Departamento de Fisioquímica, Facultad de Química e Ingeniería Química, UNMSM.-2003. Se realizó una investigación sobre las propiedades de quelación de la cáscara de naranja después de ser alterada. Un pH comprendido entre 4,5 y 5,0 es ideal para la biosorción de Pb^{2+} . Los estudios sobre la cinética de biosorción indican que se necesitan unas cuatro horas para alcanzar el equilibrio. Los modelos de Langmuir y Freundlich son bastante compatibles con los resultados de las isotermas de biosorción. La mayor capacidad de biosorción posible para el plomo es $q_{max} = 141$ mg/g (II).

Una investigación denominada "Adsorción de metales pesados de aguas residuales utilizando materiales de origen biológico" fue realizada en 2014 por Candelaria Tejada-Tovar, Angel Villabona-Ortiz, y Luz Garcés-Jaraba. La biosorción es un proceso que permite la adsorción activa o pasiva de iones metálicos debido a que muchas biomazas vivas o en descomposición diferentes son capaces de unirse y acumularse en esta categoría de contaminantes debido a la presencia de materia orgánica. Se ha investigado si los materiales de bajo coste que se producen a partir de diversas biomazas de microorganismos, algas y basura agrícola pueden sustituir a los métodos que se utilizan actualmente para la eliminación de contaminantes como los metales pesados. El cromo, el níquel, el cadmio, el plomo y el mercurio son algunos de los metales que más influyen en el medio ambiente. Esto se debe al hecho de que estos elementos son muy peligrosos y difíciles de trabajar.

La presente investigación explora la prevalencia de la adsorción como método alternativo para eliminar contaminantes de una solución. La biomasa se utiliza a menudo en estos procedimientos, de ahí que el estudio se centre en el papel que desempeña la biomasa en estos procesos. Cuando se aplica a estos procedimientos de descontaminación, la utilización de la adsorción como método para eliminar contaminantes de soluciones acuosas haciendo uso de biomasa residual podría proporcionar aplicaciones alternativas para materiales que, de otro modo, se

considerarían basura en términos de generación de lodos químicos. Se determinó que sería posible evitar más complicaciones. Los investigadores han descubierto que el proceso puede verse afectado por diversos factores, como la temperatura, el tamaño de las partículas, el pH de la solución y la cantidad de metal presente.

En el estudio Biosorción de cobre (II) por biomasa pretratada de corteza de *Citrus Sinensis* (naranja), *Citrus Limonium* (limón) y *Opuntia Ficus* (nopal), que fue realizado por Villanueva H, Claudia Cecilia Cecilia en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Facultad de Química e Ingeniería Química E. A.P. de Química en Lima, Perú en 2007, los resultados mostraron que En este estudio se investigó la biosorción de iones cobre (Cu(II)) de la corteza de *Citrus sinensis* (naranja), *Citrus limonium* (limón) y *Opuntia ficus* (nopal). Para mejorar la estabilidad mecánica del biosorbente, se administra cloruro cálcico a la biomasa antes de utilizarla. Según las investigaciones realizadas sobre la relación entre el pH y la tasa de biosorción de cobre (II) por los biosorbentes, el intervalo óptimo de pH se sitúa entre 4,5 y 5,0. Para realizar el análisis de los datos experimentales recogidos se utilizaron las fórmulas de adsorción de Langmuir y Freundlich. La corteza de *citrus sinensis* presentó la máxima biosorción de Cu(II) por biomasa, con 36,1011 mg/g, seguida de cerca por la corteza de *citrus* con 47,0436 mg/g.

En el estudio Estudio del uso de residuos orgánicos del cultivo de flores (tallos de rosas) como biosorbente de cadmio para el tratamiento de aguas residuales, realizado por Jorge Luis Ordoez Vinuesa y Raúl Andrés Moreno Farfán en la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca - 2013, se comprobó que los tallos de rosas son un biosorbente de cadmio eficaz. Una de las posibilidades para la eliminación de la contaminación ambiental es el uso de residuos agrícolas.

Los tallos de rosal pueden utilizarse como biosorbentes de iones metálicos. En este artículo se analiza el uso de este residuo como biosorbente para el cadmio en aguas contaminadas. Tras realizar una investigación bibliográfica sobre este tema, se utilizaron dos metodologías. El primer objetivo es evaluar si el biosorbente puede retener iones metálicos de cadmio, y el segundo objetivo es estimar la capacidad máxima de retención de metales o contaminantes del biosorbente. El primer enfoque emplea un experimento en el que se cargan cinco vasos de precipitados con cantidades variadas de tallos de rosas previamente secados, triturados y tamizados, así como

proporciones particulares de contaminantes. El segundo enfoque utiliza la filtración en columna. En este método, el agua sobrante se hace recircular a través de la biomasa (en este ejemplo, una roseta).

En el experimento, se determinó que la masa óptima para la biosorción de cadmio era de 25g de biosorbente, que retenía el 63% del metal, seguida de 10g con una tasa de retención del 36,45%. En cambio, si utilizamos el modelo de Langmuir con un q_{max} de 55,5mg Cd/g de biosorbente, el estudio indica un comportamiento isotérmico positivo, con un valor de R_I de 0,58. La isoterma de Freundlich arrojó los valores $k=0,19$ y $n=1,40$.

De hecho, los tallos de rosa tienen una capacidad máxima de eliminación de cadmio del 41% a un pH neutro de 7,1; esta capacidad se alcanza tras 20 minutos de retención con un tamaño de partícula que oscila entre 0,5 mm y 1 mm. Los tallos de rosa también tienen un pH neutro de 7,1.

De acuerdo con los resultados del proyecto de investigación titulado "Evaluación del poder biosorbente de la cáscara de naranja para la remoción de metales pesados, Pb (II), y Zn" (II). Realizado por Anahí Fernanda Cardona Gutiérrez, Dulce Diana Cabañas Vargas, Alejandro Zepeda Pedreguera - 2013. En este trabajo se investigó la biosorción de plomo (II) y zinc (II) utilizando biomasa de cáscara de naranja triturada y secada con y sin un tratamiento de reticulación (con $CaCl_2$). El objetivo general de este estudio era determinar tanto la capacidad de biosorción de la piel de naranja como la proporción de metales pesados eliminados.

A cada uno de los siete factores fisicoquímicos (pH, tamaño de partícula de la biomasa, concentración de contaminante, cantidad de biomasa, temperatura, duración del contacto y método de tratamiento) se le asignaron dos valores: alto y bajo. El valor alto se asignó a la cantidad de biomasa, mientras que el valor bajo se asignó al tamaño de las partículas de biomasa. Se generaron ocho experimentos distintos como resultado de la configuración de los parámetros y el uso de dos cambios diferentes en las características de la biomasa. Con el fin de mejorar la estabilidad mecánica de la biomasa, se reticuló una parte de la misma utilizando $CaCl_2$ a una concentración de 0,2 M.

De los ocho experimentos diferentes, el Experimento 4 (pH 5, tamaño de partícula 0,4mm, concentración de metal 80ppm, cantidad de piel de naranja 0,5g, duración del contacto 2h, T=500°C, biomasa con reticulación) para Pb (II) demostró el mejor porcentaje de eliminación (99,5%) y capacidad de eliminación (9,39mg Pb (II)/g de piel de naranja. El experimento 3 (pH 5, tamaño de partícula 0,48mm, concentración de metal 100ppm, cantidad de piel de naranja 0,5g, duración del contacto 4h, T 250°C, y biomasa sin reticulación) produjo el mayor porcentaje de eliminación de Zn (II) del 99,5%, con una capacidad de eliminación de 9,95mg Zn (II)/g de piel de naranja. Este experimento también produjo la mayor capacidad de eliminación de Zn (II).

3.2 Bases teóricas.

3.2.1 Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos son desechos vegetales y animales que se descomponen de forma natural. Incluyen restos de frutas y verduras y plantas recortadas. Debido a su composición, estos residuos pueden recogerse y utilizarse para crear un fertilizante eficaz y ecológico con poco esfuerzo (Mijangos, 1995).

3.2.2 Biorremediación

La biorremediación es el uso de microbios, hongos, plantas o enzimas generadas a partir de ellos para devolver a su estado natural un entorno alterado por contaminantes (Moreno, 2002).

3.2.3 Metales pesados

Los metales pesados son todos y cada uno de los metales que tienen una densidad superior a 5 g/cm³, son extremadamente conductores y dúctiles y, en su mayoría, son elementos de transición capaces de generar compuestos con o sin actividad. De los 902 elementos que pueden encontrarse en la naturaleza, 21 son no metales, 16 son metales ligeros y los 3 restantes son metales pesados. Uno de estos metales pesados es el arsénico. Hay otros elementos como Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Co, Hg, Ni, Pb, Al y Se (Weast, 1984).

3.2.4 Metales pesados en ecosistemas

Los procesos industriales contribuyen a los problemas medioambientales al emitir metales pesados como cadmio, plomo y níquel, entre otras sustancias. Los metales se consideran uno de los contaminantes más nocivos para el medio ambiente debido a que pueden desplazarse fácilmente por los ecosistemas acuáticos y a que son venenosos. Sus concentraciones pueden llegar a ser bastante elevadas, lo que puede convertirlos en tóxicos (Caizares, R., 2000).

Los metales pesados se diferencian de otros tipos de contaminantes en que no pueden ser descompuestos por los organismos vivos y tienden a acumularse en los seres vivos incluso cuando no son un componente de los oligoelementos esenciales de un organismo. Algunos ejemplos de oligoelementos esenciales son el zinc, el hierro, el cobre, el manganeso, el molibdeno y el níquel (Brower y Jennifer, 1997).

Tienen una notable capacidad para adherirse a una amplia variedad de moléculas orgánicas, como el cobre, el níquel y el cadmio, que también son ejemplos (Chu, 2003). El proceso de bioacumulación se produce principalmente como consecuencia de la incapacidad de las especies afectadas para deshacerse de la toxina, lo que conduce a un aumento gradual de su concentración. Aunque los metales tienen una gran afinidad por los grupos sulfhidrilo y una afinidad menor por los grupos amino, fosfato, carboxilo, imidazol e hidroxilo de las enzimas y otras proteínas esenciales, los efectos perjudiciales de los metales en los tejidos dependen de las conexiones que se establezcan en ellos (Villanueva, 2007).

Se encuentra en altas concentraciones en los residuos industriales y puede inducir cambios físicos, químicos y biológicos en las masas de agua, como un aumento de la turbidez, la viscosidad, la demanda de oxígeno y cambios bruscos y rápidos del pH. Como se menciona en el proceso biogeoquímico de los metales pesados, también puede provocar la desaparición de criaturas superiores y una grave amenaza para la dureza del agua esencial para el uso humano (Selim, 1998).

a. Cadmio (Cd)

El elemento químico cadmio tiene un número atómico 48. Su peso atómico es de 112,4 amu y su valencia 2 es de 8,65. Su punto de fusión es de 320,9 grados Celsius (610 grados Fahrenheit). Su punto de fusión es de 320,9 grados Celsius (610 grados Fahrenheit), mientras que su punto de ebullición es de 765 grados Celsius (1410 grados Fahrenheit). Es un metal dúctil, de color blanco plateado y sólo un poco azulado (Volesky, 1999).

El único mineral que contiene cadmio es la greenockita (sulfuro de cadmio), aunque no es común y tiene aplicaciones industriales limitadas. Se produce en gran medida como subproducto de la fundición y el refinado de minerales de cinc, pigmentos de la industria textil, reciclaje de subproductos a base de hierro y aceites de motor, y uso de fertilizantes y pesticidas (Volesky, 1999).

En la naturaleza se encuentran sales de cadmio, como el sulfato de cadmio.

• Fuentes del cadmio

Además de en los procesos de galvanoplastia, el cadmio y sus derivados, en particular el hidróxido de cadmio, se utilizan en la fabricación de pilas alcalinas y lámparas de vapor. Regula la velocidad de fisión del material radiactivo dentro del reactor. Mientras que el selenio y el sulfuro de cadmio se utilizan para crear tonos rosas, rojos y marrones, el sulfuro de cadmio se utiliza para crear tonos amarillos o anaranjados. Para las aplicaciones que necesitan altas temperaturas o presiones, estos pigmentos son muy beneficiosos. Así, se emplean con frecuencia en la producción de cerámicas, pinturas y revestimientos, así como plásticos. Mientras que los carboxilatos de cadmio se utilizan como estabilizadores del cloruro de polivinilo (PVC), los pigmentos de cadmio también se emplean en botellas de vidrio y señales de tráfico (Moreno, 2002).

b. Plomo

El Pb es un elemento químico que suele tener valencias 2 y 4 y posee el número atómico 82, así como el número másico 207,19. Es un metal corpulento

que al principio parece azul, pero con el tiempo cambia su color a un gris opaco. Se puede doblar sin romperse, tiene poca elasticidad, funde a 327,4 grados Celsius (621,3 grados Fahrenheit) y hierve a 1725 grados Celsius (3164 oF). Es muy resistente a los ácidos clorhídrico y sulfúrico. En cambio, no se disuelve muy rápidamente en ácido nítrico. El plomo se considera anfótero debido a que puede producir sales de plomo a partir de ácidos, así como sales metálicas a partir de ácidos de plomo. Es posible fabricar una gran variedad de sales, óxidos y compuestos organometálicos (Lenntech, 1998).

El elemento plomo puede encontrarse en el mundo natural en las formas minerales de galena (PbS), anglesita (PbSO₄) y cerusita (PbCO). La galena es la más frecuente de estas tres formas (Lenntech, 1998).

En la antigua Grecia, Hipócrates detalló las consecuencias adversas de la intoxicación por plomo (Smidsrod, 1970). Benjamín Franklin también se ocupó de las consecuencias del consumo de este metal en sus impresores, sobre todo en los que fabricaban o trabajaban con tipos de plomo. Incluso con estas antiguas referencias, el problema principal sigue sin resolverse. Antes de la década de 1970, este tema recibía poca atención en la literatura toxicológica. Desde mediados de la década de 1970, las autoridades sanitarias estadounidenses han identificado la intoxicación infantil por plomo como una grave preocupación y una pandemia oculta. Esta intoxicación infantil se ha relacionado con superficies de vidrio como ventanas y puertas, así como con los pigmentos de algunas pinturas (Smidsrod, 1970).

Una vez que el problema salió a la luz, una mayor comprensión de los efectos negativos que tiene el plomo en la salud humana llevó a las autoridades encargadas de la salud pública a aplicar límites más estrictos a la cantidad de plomo que puede encontrarse en la sangre. Entretanto, las pinturas con plomo fueron retiradas del mercado por el gobierno en 1978, y el plomo no se utiliza en la gasolina desde la década de 1970. Además, la Ley de Aire Limpio impuso limitaciones estrictas a los niveles permitidos de plomo en el aire (USEPA, 1986).

El plomo en la sangre puede causar daños duraderos en los niños. Por cada diez microgramos por decilitro de Pb en la sangre de un niño (donde

100 es el CI medio de los jóvenes), los estudios han demostrado una pérdida de 5,8 puntos en las pruebas de CI (Bolt, 1982). Además de producir anemia en niños y adultos, el plomo inhibe la producción de moléculas que transportan oxígeno. El cuerpo humano retiene el plomo en los huesos, los riñones y el hígado tras su absorción. La sangre es un reservorio transitorio utilizado en medicina para identificar la exposición al plomo en los treinta días anteriores (Beolchini, 1997). Las personas expuestas incluso a cantidades bajas de plomo sufren un aumento moderado pero significativo de la tensión arterial. El plomo también puede causar problemas renales y reducir la fertilidad. En casos agudos, la presión arterial alta (hipertensión) generada por el envenenamiento por plomo mata a miles de individuos cada año, sobre todo a los que tienen entre 35 y 50 años. (Beolchini, 1997).

Se aconseja que el contenido de este metal pesado en la sangre no supere los 10g/dL, que sea inferior a 400ppm en los suelos donde juegan los niños y que sea inexistente en el agua potable (Chicón, 2006).

Cada año se utilizan más de 3 millones de toneladas de plomo, de las cuales el 40% se emplea en la fabricación de baterías y pilas eléctricas. Otras aplicaciones destacadas son la fabricación de materiales de construcción (12%), revestimiento de cables (6%), pigmentos, soldaduras blandas, munición, plomadas de pesca, soldaditos de juguete y otros juguetes, y plomadas de pesca (USEPA, 1986).

- **Fuentes del plomo**

Los compuestos industriales de plomo más importantes son el óxido de plomo y el tetraetilo de plomo. El plomo hace aleaciones con otros metales y se utiliza para la mayoría de las aplicaciones en esta condición. Todas las aleaciones que contienen estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial. Baterías, aditivos para combustibles, productos laminados y extruidos, aleaciones, pigmentos y compuestos, fundas para cables, municiones y balines utilizan este material. Debido a su maleabilidad, el plomo sigue

siendo viable como revestimiento de cables telefónicos y de televisión (Chicón, 2006).

Se utiliza mucho como pigmento, aunque su uso está en declive. El tipo de coloración más común que se observa en relación con este elemento es el plomo blanco. Según Chicón (2006), otros pigmentos importantes son el 2PbCO_3 , el $\text{Pb}(\text{OH})_2$, el sulfato básico de plomo y los cromatos de plomo.

Como tipo de estabilización química, diversos compuestos de plomo se utilizan en plásticos clorados y termoplásticos, así como en carbonatos y ácidos orgánicos. Se utiliza el arseniato de plomo como pesticida a gran escala para proteger los cultivos agrícolas. Para mejorar las propiedades magnéticas de los imanes cerámicos de ferrita de bario, se suele utilizar litargirio, también conocido como óxido de plomo (Lenntech, 1998).

c. Níquel

El níquel puro es un metal duro y de color blanco o plateado. Debido a sus propiedades, es un candidato excelente para amalgamarse con otros metales y generar aleaciones. El níquel se utiliza como agente de aleación en la producción de hierro, cobre, cromo, zinc y otros metales. El níquel es un metal duro, blanco plateado, dúctil y maleable, con una masa atómica de 58,71. El símbolo del níquel es Ni. El símbolo del níquel es Ni y su número atómico es 28. (Suhas, 2009).

El níquel, un metal abundante, constituye alrededor del 0,008% de la corteza terrestre y el 0,01% de las rocas ígneas de la Tierra. Se cree que el níquel abunda en el núcleo de la Tierra, y se ha descubierto que varios tipos de meteoritos contienen cantidades considerables del elemento. Tanto la pentlandita como la pirrotita, que son sulfuros de hierro y níquel, se consideran minerales valiosos (Ni, Fe). La garnierita, también conocida como $(\text{Ni}, \text{Mg})\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, es otro mineral esencial en entornos comerciales.

El níquel puede estar presente tanto en plantas como en animales en cantidades traza. Hay trazas de este mineral presentes en el agua de mar, el petróleo y la mayor parte del carbón (Lenntech, 1998).

- **Fuentes del níquel**

La mayor parte del níquel se encuentra en aceros inoxidable y resistentes al calor, que suelen utilizarse en aplicaciones como la fabricación de utensilios de cocina, lavavajillas y otros electrodomésticos. Más de 300.000 productos de consumo, industriales y militares lo incluyen, y también se utiliza en los sectores del transporte, la aviación, la marina y la construcción. El níquel es un material especialmente adaptable para su uso en aplicaciones técnicas debido a su resistencia a la corrosión, así como a su gran tolerancia al calor y al frío (Falcondbridge, 2006).

Se utiliza en baterías secundarias para vehículos híbridos y eléctricos, así como en turbinas de gas de alto rendimiento para la generación de electricidad. El tetracarbonilo de níquel, a menudo conocido como $\text{Ni}(\text{CO})_4$, es un líquido blanco muy tóxico. Cuando se combina con el aire, produce una explosión potencialmente letal. Un punto de partida para la producción del níquel más fino posible. El óxido de níquel, también conocido como NiO , es un polvo de color gris azulado e insoluble en agua. Se utiliza en la fabricación de vidrio gris y como catalizador del níquel en el proceso de hidrogenación. Según Chicón (2006), el cloruro de níquel, también conocido como NiCl_2 , se utiliza en la fabricación de catalizadores de níquel, como colorante en la cerámica y en el niquelado galvánico.

La mayoría de las sales de níquel, como el cloruro de níquel(II), el sulfato de níquel(II) y el nitrato de níquel(II), $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, suelen adquirir un color verde o azul cuando se hidratan. Las soluciones de niquelado incluyen el sulfato amónico de níquel, que se escribe $\text{NiSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. (Ory, 2004).

3.2.5 Impacto ambiental

El vertido de residuos en las masas de agua, procedentes sobre todo de empresas como la metalurgia, las baterías y las pinturas, tiene un impacto nocivo en las criaturas acuáticas y en su uso futuro. Las masas de agua contaminadas disminuyen su uso como fuente de agua potable o por motivos agrícolas e industriales, y repercuten negativamente en la vida acuática. Sin embargo, si se requiere su uso, el gasto de la terapia es bastante caro. Las sales

solubles muy venenosas del agua pueden ser almacenadas por los organismos que las absorben, lo que es causa de contaminación de las cadenas alimentarias (Kassan, 1998).

Las aguas muy ácidas facilitan la movilización de los metales, lo que significa que pasan de un estado originalmente insoluble a otro en el que acaban disolviéndose. Esto hace que la contaminación por metales sea mucho más probable. El pH del agua, el tipo de concentración de ligando en el que puede adsorberse el metal y el estado de oxidación de los componentes minerales en el entorno redox del sistema son los principales factores que influyen en la solubilidad o no de los metales traza en las aguas superficiales (Kassan, 1998).

Los metales pesados en los suelos pueden ser retenidos o disueltos en la solución del suelo mediante procesos de adsorción, complejación y precipitación; absorbidos por las plantas e integrados así en las cadenas tróficas; volatilizados a la atmósfera; o movilizados a las aguas superficiales o subterráneas (Ory, 2004; Kassan, 1998). Los metales pesados también pueden integrarse en las cadenas tróficas si se volatilizan a la atmósfera (Hu, 2002). (Hu, 2002).

Los metales pesados son más peligrosos que otros tipos de metales, ya que no pueden descomponerse química ni biológicamente. Tienen el potencial de permanecer en el medio ambiente durante cientos de años después de ser liberados. Todo este proceso, junto con la presencia continuada de metales pesados en el medio ambiente, provoca una miríada de resultados negativos para todos los seres vivos que dependen de las plantas y los animales, y así sucesivamente en la cadena alimentaria, donde las concentraciones de metales pesados son máximas (Kassan, 1998).

(FAO/OMS, 1972) El cadmio es peligroso y se absorbe hasta 0,4-0,5 mg/persona por semana, 10 ug/l en el agua, pero el plomo se absorbe a 3 mg/persona/kg y el contenido de níquel en el agua potable era de 4,8 mg/l por persona.

Estas concentraciones de metales tienen consecuencias tanto agudas como crónicas. Las consecuencias agudas más destacadas en los seres humanos

incluyen enfermedades gastrointestinales tras el consumo y neumonitis química, mientras que los efectos crónicos incluyen disfunción renal y enfermedades pulmonares, neurológicas, cardiovasculares, reproductivas y cancerígenas (OMS, 1980).

Los metales pesados pueden encontrarse en los ecosistemas en su estado natural o combinados con otros elementos para formar compuestos. En las aguas superficiales, estos compuestos pueden encontrarse en forma de coloides y/o gránulos, hidróxidos, óxidos, silicatos y sulfuros, o adsorbidos en minerales arcillosos, sílice y materia orgánica. Debido a la solubilidad limitada de estos elementos, sus concentraciones en forma iónica o en complejos organometálicos son bastante bajas. Este es el caso de ambas formas. Depende del pH, del tipo de sorbentes sobre los que se adsorben, del estado de oxidación de las fases minerales y del entorno redox del sistema el que estén o no presentes en la fase disuelta (Miller, 1959).

Los alimentos contaminados con metales pesados pueden ser tóxicos para las personas y los animales incluso en pequeñas dosis, ya que estos metales se acumulan lentamente en el organismo. Se ha demostrado que ciertos iones metálicos (Hg, Cr, Cd, Pb, As y V) se acumulan en el tejido sanguíneo de las mujeres embarazadas. Estos iones metálicos también se acumulan en el cerebro, el hígado, los riñones, el corazón, el páncreas, el tejido muscular y las células óseas, donde forman complejos con las metalotioneínas. Cuando se aplicaron arsénico, plomo, mercurio, cadmio y cromo a plantas como *Tradescantia* y *Arabidopsis thaliana*, se observaron efectos genotóxicos en las plantas. En Japón, existen cuatro enfermedades causadas por la contaminación. Itai Itai, Minamata, Niigata Minamata, Yokkaichi Asma. Los metales pesados como el cadmio y el metilmercurio son los culpables de las tres primeras (Miller, 1959).

3.2.6 Proceso de Biosorción

La absorción de iones metálicos por biomasa viva o muerta mediante procesos fisicoquímicos como la adsorción y el intercambio iónico se denomina "biosorción", palabra que se utiliza indistintamente. Al emplear

material biológico que aún está vivo, los procesos metabólicos de adsorción tienen la capacidad de contribuir a la operación de biosorción (Villena y Gutiérrez, 2003).

Aunque los metales pesados pueden tener efectos devastadores en los seres vivos, también pueden poner en marcha ciertos mecanismos que reducen su toxicidad. Los metales pesados pueden ser absorbidos por la biomasa de dos maneras distintas, que son las siguientes

- **Bioacumulación.** Basado en los procesos de absorción de metales en el interior de las células vivas de la biomasa.
- **Bioadsorción.** Se basa en el proceso de adsorción de iones, que puede aplicarse tanto a la biomasa muerta no tratada como a la tratada químicamente. El intercambio de iones, la precipitación, la creación de complejos o la atracción electrostática son mecanismos potenciales que podrían subyacer a este proceso. La eliminación y recuperación de metales pesados de efluentes líquidos mediante biosorción empleando diversas combinaciones de metales y biosorbentes ha sido objeto de investigación en un gran número de artículos publicados. A continuación, se exponen las ventajas más significativas que aportan en comparación con los métodos más tradicionales:
 - Utilizan recursos regenerativos capaces de producirse a un coste mínimo.
 - La capacidad de recoger iones metálicos de forma oportuna y eficaz.
 - La rapidez con que puede llevarse a cabo el procedimiento permite depurar enormes volúmenes de agua contaminada.
 - Disminución significativa de la producción de residuos peligrosos.
 - Bajo gasto de capital.
 - Funciona en un amplio espectro de circunstancias fisicoquímicas, como la temperatura, el pH y la presencia de otros iones.

A lo largo de la última década se ha ido tomando conciencia del potencial de biosorción de metales por la biomasa (Villena y Gutiérrez, 2003). Varios tipos de biomasa, como los restos de fermentaciones industriales a gran escala o las algas especializadas que fijan metales y se encuentran en abundancia en el océano, son de gran interés (Villena y Gutiérrez, 2003). Esto se debe al potencial económico de estos tipos de biomasa.

A. Algunos biosorbentes utilizados en la remoción de iones de metales pesados

- ❖ **Algas:** Dado que contienen una concentración tan elevada de grupos de ácidos carboxílicos, las paredes celulares de las algas marinas se aprovechan por su capacidad para absorber metales pesados. En consecuencia, la biosorción de metales depende de la protonación o desprotonación de estos grupos carboxílicos, que es otra forma de decir que la adsorción depende del pH (Moreno, 2002).

Cuando se trata de algas pardas que contienen alginatos en su pared celular, se utilizan métodos de pretratamiento de la biomasa para aumentar la estabilidad de las algas y disminuir la cantidad de alginato que se lixivia en la solución, evitando así la obstrucción de las columnas empaquetadas con biomasa (Weast, 1984). En estos métodos, la biomasa se trata con calcio a un pH adecuado.

Los mecanismos de unión que tienen lugar en las moléculas de alginato son los responsables de la pérdida de solubilidad que se produce tras el tratamiento con calcio. Estos procesos posibilitan la posterior bioabsorción de los metales presentes en las soluciones (Reyes y Alvares, 2007).

El proceso de degradación vegetal que tiene lugar en el agua dulce también se emplea para capturar iones metálicos (macrófitos de agua dulce). Durante el proceso de sorción que sufren estos biomateriales, los iones metálicos y los intercambiadores altamente catiónicos de la superficie de la planta sufren un intercambio iónico (Iqbal y Saeed, 2006).

- ❖ **Levaduras:** La bioadsorción de iones metálicos por la biomasa de levadura *Saccharomyces cerevisiae* se ve afectada por el pH de diversas maneras. Estas formas incluyen Cu²⁺, Cd²⁺ y Zn²⁺ (Dilek y Yetis, 2002).
- a) **Quitosano:** El quitosano, también conocido como poli-D-glucosamina, es un polímero natural cuya estructura contiene una cantidad considerable de grupos amino. Estos grupos amino ayudan a eliminar los iones metálicos del organismo. El quitosano se fabrica mediante la desacetilación de la quitina, presente en los exoesqueletos de crustáceos y artrópodos, utilizando hidróxido de sodio concentrado a temperaturas muy elevadas. La quitina puede encontrarse en los exoesqueletos de crustáceos y artrópodos.
- b) **El equilibrio en los procesos de biosorción**

Cuando las fases sólidas (adsorbente) y líquida (disolvente, frecuentemente agua) comprenden solutos alternativos, éste es el escenario que se utiliza para el estudio de los procesos de biosorción (adsorbentes, que suelen ser iones, metales pesados).

Los iones presentes en el agua ejercen una poderosa fuerza de atracción sobre los sorbentes.

Esto explica por qué los iones pueden conectarse rápidamente a las partículas adsorbentes utilizando varios enfoques. Este procedimiento continúa hasta que se alcanza el equilibrio entre los iones adsorbidos y los de la solución (caracterizado por la concentración final o de equilibrio C_{eq}).

La afinidad del adsorbente por los iones en solución controla la distribución de los iones entre las fases sólida y líquida. El número total de iones adsorbidos por el adsorbente puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$q \left(\frac{mg}{g} \right) = \frac{V(L)(C_o - C_{eq})(mg/L)}{m(g)}$$

Donde q es la cantidad de iones (mg) retenidos por un gramo de adsorbente, V es la cantidad de solución utilizada para realizar la

biosorción, C_0 y C_{eq} son las concentraciones inicial y final (mg/L). Donde V es la cantidad de solución utilizada para realizar la biosorción. m representa la masa del adsorbente expresada en gramos.

También es posible representar la cantidad q utilizando diferentes unidades, tales como:

$$q = \frac{mmol}{g} = \frac{mg/g}{Peso\ (atómico)molecular}$$

o

$$q = \frac{meq}{g} = \frac{mmol/g}{valencia}$$

3.2.7 Las pectinas

3.2.7.1 Procedencia de las pectinas

Largas cadenas de ácido galacturónico parcialmente esterificado se intercalan con monómeros de ramano para formar la pectina. Sobre la base del ácido poligalacturónico, la galactosa, la arabinosa, la xilosa y la glucosa crean cadenas laterales intermitentes que a menudo no se reflejan en la estructura química (Schneider y Jorge, 1999).

La mayoría de los tejidos vegetales contienen pectinas, y la mayor parte del contenido peptídico en los frutos inmaduros reside en una forma insoluble en agua conocida como protopectina, que predomina en las capas celulares y las paredes celulares (Schneider y Jorge, 1999).

En general, los compuestos peptídicos componen la parte comestible de las plantas en concentraciones bastante elevadas, sobre todo en la piel de las frutas suculentas y el albedo de los cítricos (Schneider y Jorge, 1999).

La protopectina insoluble se transforma en una forma soluble en agua a medida que la fruta madura. Esta transformación de la protopectina insoluble en pectina soluble provoca cambios de textura con el envejecimiento. Durante un periodo en el que la cantidad de ambos tipos de sustancias peptídicas permanece constante, la

concentración de todas las sustancias peptídicas disminuye gradualmente y la consistencia se vuelve harinosa (Acribia. 1993).

Las sustancias pécticas se encuentran en los zumos de frutas como pectina soluble y como pectina insoluble en las partes verdes de las plantas, frutas y raíces; esta insolubilidad parece deberse a la presencia de pectina como sal de calcio o magnesio, o porque está combinada con celulosa u otro polisacárido insoluble de alto peso molecular (Acribia. 1993). La concentración de péptidos varía según el origen, la variedad, la madurez, las condiciones ambientales e incluso la parte de la planta (Omega.1977).

Cuadro 2. Contenido de compuestos pépticos en verduras reconocidas (gramos por 100 gramos de materia fresca).

Producto	Contenido de pectina
Limón Marc	2.5 – 4.0
Naranja Marc	3.5 – 5.5
Manzana Marc	1.5 – 2.5
Toronja Cascara	3,9
Papaya	1.2
Albaricoque	0.99
Peras	0.60
Fresas	0.68
Cereza	0.16

*Marc_ residuos de procesamiento de frutos

Fuente: Choy L.

Las sustancias pectínicas son polímeros lineales de ácido galacturónico que contienen un número importante de grupos carboxilo esterificados por el radical metilo (Hirst, 1998). La pectina es un polisacárido ácido debido a su composición química.

En la nomenclatura correcta, sólo deben denominarse pectina y ácido péctico las cadenas de poligalacturón metiladas al 100 %, con una

fracción menor de grupos metoxilo al 100 %. La palabra ácido péctico se refiere al ácido poligalacturónico sin grupos metoxilo. Sin embargo, en realidad el nombre de pectinas se utiliza tanto para los ácidos pectínicos como para las propias pectinas, que se crean únicamente en el laboratorio (Hirst, 1988). (Hirst, 1988).

El porcentaje de metilación se representa con el contenido de metoxilos (-OCH₃), resultante de la determinación analítica, la metilación global corresponde a un contenido de 16,3%, mientras que las pectinas aisladas de diversas frutas tienen contenidos de 10 a 12 (Acribia, 1993). (Acribia, 1993).

La longitud de la cadena es variable y puede comprender desde algunas unidades hasta varios centenares de ácido galacturónico, lo que indica un peso molecular que varía de 1000 a 100.000umas (Hirst, 1988). (Hirst, 1988).

La pectina extraída está formada por moléculas de longitudes variables que no son significativamente diferentes entre sí. Todas las pectinas al ser hidrolizadas producen en cantidades variadas, D-galactosa y ácido D-galacturónico y alcohol metílico (Acribia, 1993). (Acribia, 1993)

Durante la hidrólisis, las pectinas de plantas jóvenes producen una gran proporción de D-galactosa y L-arabinosa, mientras que los materiales pécticos de plantas más viejas producen una elevada proporción de ácido D-galacturónico (Hirst, 1988).

La American Chemical Society definió la nomenclatura de los compuestos pécticos (Hirst, 1988).

- Sustancias pécticas: Agrupaciones complejas de hidratos de carbono coloidales que se encuentran en preparados vegetales ricos en ácido galacturónico anhidro.
- La protopectina es una sustancia química insoluble que sirve de precursor a los compuestos pécticos.

3.2.7.1 Propiedades Fisicoquímicas de las pectinas

Las características más importantes de los compuestos pécticos desde el punto de vista industrial son las siguientes

a) **Hidratación**

En el agua, tanto la protopectina como el ácido peptídico son poco solubles. El grado de hidratación está controlado por la estructura de la red, el peso molecular, el grado de esterificación y la presencia de sales en el medio (Hirst, 1988). (Hirst, 1988).

A medida que aumentan el peso molecular y el grado de esterificación, las moléculas peptídicas se hidratan más.

b) **Solubilidad**

Esta propiedad de la pectina está directamente relacionada con la capacidad de expansión de los sistemas coloidales hidrófilos.

La gelificación requiere la disolución completa de la pectina. El tamaño de las partículas de pectina, la longitud de la cadena y el nivel de esterificación pueden restringir la solubilidad y la gelificación (Fizman, 1998).

c) **Viscosidad**

La viscosidad de las soluciones químicas pécticas es esencial para diversos procesos culinarios y médicos. La viscosidad viene determinada por la masa molecular, el nivel de esterificación, la presencia de electrolitos y el pH. (Fizman, 1998).

La viscosidad puede utilizarse para determinar el peso molecular de las sustancias pécticas. Las soluciones de pectina son más viscosas cuando hay presencia de calcio y otros iones polivalentes (Fizman, 1998). Un material péctico en solución está sujeto a un deterioro irreversible, incluyendo la pérdida de viscosidad y poder gelificante (Herbstreith, 2001).

d) Geles de Pectina

La característica más importante de las pectinas es su capacidad para formar geles; las características del gel se rigen principalmente por dos factores: la longitud de la molécula péctica y su grado de metilación (Fizman, 1998).

Para una concentración dada de pectina en el gel final, la longitud de la molécula determina la rigidez o firmeza. La pectina no crea geles más allá de una determinada longitud molecular, independientemente de la dosis o de las condiciones del medio (Fizman, 1998).

Si la pectina o, más concretamente, el ácido pectínico tiene una elevada proporción de metoxilos (más del 8%), se alteran los factores que intervienen y la forma en que se unen las moléculas (Fizman, 1998).

Cuando la pectina tiene una elevada proporción de metoxilos, la adición de azúcar reduce el grado de hidratación, y la adición de ácido disminuye las cargas eléctricas; los enlaces de puente de hidrógeno son los principales responsables de la unión de las moléculas peptídicas (Fizman, 1998). Se trata de uniones débiles, y la flexibilidad de estos geles peptídicos demuestra que está relacionada con la movilidad relativa de las moléculas individuales.

3.3 Bases conceptuales

Metal pesado: un metal con una gran masa atómica, como el plomo, el cadmio, el arsénico, el mercurio o el cromo. Tienden a acumularse en la cadena alimentaria y pueden ser perjudiciales para las especies incluso en bajas concentraciones (Tapia, 2001).

Plomo: El plomo es un metal pesado con una densidad relativa o gravedad específica de 11,4 a 16 °C. Es plateado con un tinte azul y se oxida a un color gris apagado (Veglio y Beolchini, 1997).

Biosorción: Eliminación de metales pesados de soluciones acuosas por unión pasiva a biomasa no viva; el proceso de eliminación no se ve afectado por el metabolismo.

Residuo: Identifica una sustancia que ha cumplido su propósito o ha perdido su utilidad tras cumplir su cometido designado. En lo que respecta a los residuos generados por el hombre, este término suele utilizarse como sinónimo de basura.

Orgánico: Tiene varios usos antes y después de la descomposición

Granadilla: Endémica de los Andes y perteneciente a la familia de las Passifloraceae. Se la ha denominado granada china y granada mucosa, entre otros nombres.

Naranjas: Cítrico comestible derivado del naranjo dulce

Pectina: Sustancia química neutra presente en varios tejidos vegetales y utilizados en las comidas para elaborar mermeladas y jaleas.

Adsorción: Fenómeno por el que un sólido o un líquido atrae y retiene en su superficie gases, vapores o sustancias disueltas.

Contaminación: La contaminación atmosférica es uno de los retos actuales de las ciudades metropolitanas.

Relave: Consiste en subproductos nocivos resultantes de los procedimientos de extracción de concentrados minerales. Suele ser una combinación de rocas trituradas, agua y minerales de ganga (minerales con escaso valor económico), aunque también puede incluir trazas de metales pesados como cobre, plomo y otros metales.

Iones: Un ion es un átomo o grupo de átomos que ha perdido o ganado electrones, obteniendo así una carga eléctrica; dicho de otro modo, los iones son átomos no neutros. Los iones pueden existir solos o en grupos (Tapia, 2001).

Reactivo: Debido a su capacidad para inducir determinadas reacciones químicas, los reactivos se emplean en pruebas y análisis químicos para detectar o cuantificar la presencia de otra sustancia (Caizares, 2000).

Solución: Es una combinación homogénea molecular o iónica de dos o más compuestos que no reaccionan entre sí (Lenntech, 1998 - 2006).

Arcilla: El componente principal de una sustancia mineral impermeable y plástica es el silicato de aluminio. El tamaño del grano es inferior a 0,002 milímetros (Bolt, 1982)

Biorremediación: Remediación de daños medioambientales y/o ecológicos utilizando criaturas vivas, reduciendo así el riesgo a un nivel tolerable (Tapia, 2001).

Contaminación: La presencia de uno o más contaminantes o cualquier combinación de contaminantes que produce un desequilibrio ecológico (Kassan, 1998).

Contaminante: Cualquier sustancia o energía en cualquiera de sus fases físicas y químicas que, al integrarse u operar en la atmósfera, el agua, el suelo, la flora, la fauna u otro elemento natural, cambie o afecte a su composición y estado natural (Kassan, 1998).

Ecosistema: Unidad funcional que se utiliza en el campo de la ecología para referirse a todos los seres vivos y al ecosistema en el que se encuentran, así como a las interacciones que tienen lugar entre los organismos y el medio ambiente (Gadd, 1993).

Escorrentía: Dirigir el flujo de aguas subterráneas hacia arroyos, ríos y lagos (Ory, 2004)

Lixiviación: La eliminación de contaminantes, minerales y nutrientes del agua a medida que se filtra a través de los suelos.

Relleno sanitario: Los residuos sólidos urbanos se eliminan utilizando una fracción de suelo determinada tras rigurosos análisis geológicos y de efectos medioambientales (Jorge, 1999).

Remediación: Remediación del daño ecológico o medioambiental con técnicas fisicoquímicas que minimicen el riesgo hasta un nivel aceptable. La forma y el grado de la intervención vendrán determinados por la naturaleza y el alcance de la evaluación de riesgos del lugar (Tapia, 2001).

Sistema Abiótico: Una estructura en la que los componentes fundamentales están formados por cosas inanimadas (Dilek, 2002).

Sistema Biótico: Todas las especies vivas de un área determinada forman un sistema, a menudo conocido como conexión biótica (Braverman, 1977).

Sorbato: Ión o molécula posiblemente capaz de unirse a un sorbente (Ferreira, 2004).

Sorbente: material orgánico o inorgánico capaz de unir iones o moléculas (Volesky, 1999).

Sustancias húmicas: Las sustancias químicas orgánicas ácidas se encuentran en los suelos como resultado de la putrefacción de las materias orgánicas por microorganismos (Hirst, 1988).

CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1 **Ámbito**

Las operaciones mineras a tajo abierto y el crecimiento de Antamina tienen lugar en el distrito de Llata, departamento de Huánuco, provincia de Huamalíes, donde se llevó a cabo la investigación. Además, se recogió una muestra de aguas residuales de relaves mineros para la investigación en cuestión.

4.2 **Tipo y nivel de investigación**

Según la intervención del investigador: El estudio es experimental debido a la manipulación de factores independientes (Sampieri, 1995).

Según la planificación de las mediciones: la investigación es prospectivo debido a que los datos que provienen de mediciones son realizados a propósito de la investigación (Sampieri, 1995).

Según el número de mediciones de la variable de estudio: dado que aplicamos una intervención en el experimento, el estudio es a largo plazo. (Sampieri, 1995).

Según el número de variables analíticas: la investigación es analítico porque trabajamos con más de dos variables analíticas en la investigación (Sampieri, 1995).

El nivel: es aplicada por qué se hace uso de conocimientos científicos para dar solución a un problema (Sampieri, 1995).

4.3 **Población y muestra**

4.3.1. **Descripción de la población**

La investigación utilizó el efluente de los relaves mineros de la empresa minera Antamina.

4.3.2. **Muestra y método de muestreo**

La biorremediación de las aguas residuales de los relaves mineros incluyó tres tratamientos con cuatro duplicados. El estudio de laboratorio sólo se utilizó 10 litros de agua residual de los relaves de la mina Antamina y se obtuvieron 200 ml de cada tratamiento para el análisis.

Cuadro 3. Distribución de muestras

N°	Parámetros	Naranja				Granadilla				Naranja y granadilla			
1	pH	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	Tamaño de partícula (mm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3	Cantidad de piel (g)	20	15	10	5	20	15	10	5	20	15	10	5
4	Periodo de contacto (h)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

Fuente: Datos de la investigación

4.3.3. Criterios de inclusión y exclusión.

El estudio consideró el daño ambiental generado por los efluentes de la corporación minera Antamina en la zona de expansión correspondiente al departamento de Huánuco, provincia de Huamalíes y distrito de Llata. No se consideró el agua superficial alrededor de la zona de impacto, ya que la investigación estudió principalmente el efluente de relaves mineros.

4.4 Diseño de investigación

Los datos de este estudio se analizaron estadísticamente mediante la técnica de mínimos cuadrados del análisis de regresión lineal, que se basa en el cálculo de la ecuación óptima de una línea recta para un conjunto dado de variables relacionadas con el proceso.

Los principios del método de los mínimos cuadrados son:

- La línea óptima es aquella para la que la suma de los cuadrados de las disparidades entre los valores reales y los estimados es menor.
- La línea óptima es la que pasa por el baricentro o centro de masa de los datos.

De los principios se deduce que la recta de regresión es:

$$\hat{y} = (\bar{y} - b_1 \bar{x}) + b_1 x;$$

Donde

$$b_1 = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde, (x_i, y_i) $i = 1, 2, \dots, n$ representan puntos experimentales

y : valor estimado para cada X

(\bar{x}, \bar{y}) : coordenadas del baricentro

$$\bar{x} = \sum x_i / n ; \bar{y} = \sum y_i / n$$

n número de datos

Coefficiente de correlación lineal: R

$$R = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left\{ \left(\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \right) \left(\sum_i (y_i - \bar{y})^2 \right) \right\}^{1/2}}$$

R = 1 cuando los datos originales forman una perfecta línea recta.

R > 0.9 se considera una buena correlación

4.5 Técnicas e instrumentos.

4.5.1 Técnicas

1. Preparación de la Biomasa.

Las biomásas se redujeron en trozos muy pequeños y luego se lavaron varias veces en agua destilada a una temperatura de cuarenta grados centígrados para deshacerse de cualquier aceite esencial u otros contaminantes. Tras secarse en un horno a 40 grados Celsius y triturarse, la harina resultante se pasó por un tamiz de 180 a 225 milímetros de luz de malla. Tras la trituración de las biomásas, la harina resultante se pasó por un tamiz con un tamaño de malla que oscilaba entre 180 y 250 milímetros. A continuación, se secó en un horno a cuarenta grados centígrados.

2. Desmetoxilación de la Biomasa.

En una solución de NaOH 0,2M, se añadieron 20 gramos de biomasa seca y procesada con un tamaño de malla de 180-250 mm a 500 mL mientras la mezcla se agitaba continuamente durante dos horas a una temperatura de 40 grados Celsius. Primero se lavó en una serie de enjuagues utilizando agua destilada para eliminar cualquier exceso de NaOH, y después se secó en un horno a 40 grados Celsius.

3. Entrecruzamiento de la biomasa.

Se recogieron veinte gramos de la biomasa seca tratada con un tamaño de malla de 180-250 mm y se disolvieron en quinientos mililitros de solución de CaCl_2 0,2M a temperatura ambiente durante veinticuatro horas con agitación constante a doscientas revoluciones por minuto. Después, se trató con CaCl_2 0,2M y se dejó reposar antes de lavarla varias veces con agua destilada, filtrarla y secarla a 40°C para eliminar cualquier resto de cloruro cálcico.

4. Efecto del pH en la Bioadsorción de metales pesados.

Se recogieron veinte gramos de la materia seca tratada con un tamaño de malla de 180-250 mm y se disolvieron en quinientos mililitros de solución de CaCl_2 0,2M durante veinticuatro horas a temperatura ambiente con agitación continua a doscientas revoluciones por minuto. Después de tratarla con CaCl_2 0,2M, dejarla reposar, lavarla varias veces con agua destilada, filtrarla y secarla a 40°C , se eliminó cualquier exceso de cloruro cálcico de la sustancia.

5. Proceso de adsorción.

Para determinar el grado en que la biomasa tratada era capaz de bioadsorber iones de metales pesados, se colocaron 0,2 gramos de biomasa seca con un tamaño de malla que oscilaba entre 180 y 250 milímetros en cada uno de los cuatro erlenmeyers. Se añadieron cantidades variables de 100 cc de solución de PbCl_2 a cada erlenmeyer para mantener un valor de pH de 4,5 durante todo el experimento (100 ppm). Las mezclas resultantes se agitaron continuamente durante veinticuatro horas a una velocidad de doscientas revoluciones por minuto. La adsorción de iones de las soluciones es un proceso que requiere mucho tiempo; no obstante, este paso debe llevarse a cabo durante un tiempo suficiente para que el sistema pueda alcanzar el equilibrio. Tras la fase de agitación, se filtraron las soluciones y, a

continuación, se evaluaron sus concentraciones de metales pesados mediante el método de absorción atómica.

4.5.2 Instrumentos

4.5.2.1 Validación de los instrumentos para la recolección de datos

Cuadro 4. Requisitos instrumentales para el análisis de absorción atómica de metales pesados

Lámpara	Cátodo Hueco de Plomo
Longitud de onda	217nm
Combustible	Acetileno
Oxidante	Aire
Solución de chequeo	9mg/L
Rango lineal	0.1 – 20mg/L
Límite de detección	0.1mg/L

Fuente: Jang L. 1990

4.5.2.2 Confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos

Los instrumentos se tomaron del laboratorio de tierras del experto local en la Universidad Nacional Agraria La Selva.

4.6 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

4.6.1 Método de análisis

Técnica de absorción Atómica

La espectroscopia de absorción atómica permite identificar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos del sistema periódico (AA). Este método determina la absorción de una especie atómica a una determinada longitud de onda. Las especies atómicas se adquieren atomizando la muestra, un procedimiento que es muy adaptable y puede utilizarse para evaluar cualquier material que esté en solución o pueda disolverse.

Cu, Pb, Zn, Ca, Mg, Fe y otros elementos que suelen dosificarse mediante AA de llama necesitan sensibilidades técnicas en la escala de decenas de partes por millón. Según la ley de Beer, se emplea una lámpara de cátodo hueco como fuente de radiación para obtener una alta sensibilidad y un excelente rendimiento. Esta lámpara genera luz a la misma longitud de onda que la utilizada en la medición de la absorción (Jang, 1990).

La espectroscopia de absorción atómica se basa en el hecho de que cuando se proyecta sobre una muestra un haz de luz procedente de una lámpara con una longitud de onda estrechamente definida, correspondiente a la longitud de onda de emisión característica del elemento específico seleccionado para el análisis, los átomos de un elemento a cuantificar absorben luz. La cantidad de luz absorbida proporciona una estimación aproximada de la concentración del elemento en la muestra, que debe estar en solución (Jang, 1990).

Por lo tanto, debe manipularse antes de la atomización en una llama. Para evaluar la absorción de la muestra, se mide la intensidad del haz de luz que emerge tras la absorción.

Cada longitud de onda distinta requiere una luz distinta, lo que requiere una medición distinta para el estudio de cada constituyente (Jang, 1990).

4.6.2 Análisis de metales pesados Metales pesados totales por Espectrofotometría y Absorción Atómica

Utilizando un rango lineal de 0,0 a 5,0 ppm y una longitud de onda de absorbancia máxima de metales pesados de 217 nm, se calcularon las concentraciones de cada muestra diluida. Las soluciones de aspirado, estándares, blancos y muestras requeridas se diluyeron con agua desionizada (Jang, 1990).

Preparación de la Curva de Calibración.

Los criterios de inhalación de metales pesados son 0,00, 2,00, 4,00 y 5,00 ppm. El equipo realizará una calibración automática.

Determinación del límite de detección (L.D.):

El cálculo es el siguiente:

$$L. D. = 3(D.S.)/m$$

Donde:

D.S.: Desviación estándar

m : pendiente de la curva de calibración

Determinación del límite de cuantificación (L.C.):

Se calcula de la siguiente manera:

$$L. C. = 10(D.S.)/m$$

Cálculo de la concentración de la muestra:

Utilizando la siguiente fórmula:

$$Pb \text{ (ppm)} = L.f$$

Donde

L: Lectura que reporta el equipo

f : factor de dilución

4.6.3 Métodos teóricos para el tratamiento de datos experimentales en el proceso de biosorción

Las ecuaciones de Langmuir y Freundlich pueden utilizarse para representar matemáticamente la isoterma de adsorción q frente a C_{eq} .

El modelo de Langmuir.

$$q = q_{max} \frac{bc_{eq}}{1 + bc_{eq}}$$

La constante b indica la afinidad entre el adsorbato y el adsorbente, y q_{max} es la cantidad máxima de adsorbato que puede retener un gramo de adsorbente.

$$\text{Adsorbente en las condiciones especificadas. } \frac{q}{c_{eq}} = bq_{max} - bq$$

Además, es posible emplear:

$$\frac{C_{eq}}{q} = \frac{1}{bq_{max}} + \frac{C_{eq}}{q_{max}}$$

Cuando se alcanza la concentración de equilibrio C_{eq} , la constante q_{max} de la ecuación de Langmuir indica el número posible de sitios de adsorción activos completamente ocupados.

La ecuación de Langmuir ofrece información sobre la capacidad de retención del adsorbente y describe el equilibrio del proceso de adsorción, pero no aborda el mecanismo del proceso de adsorción.

Modelo de Freundlich.

La siguiente conexión representa la ecuación de Freundlich, una ecuación empírica.

$$q = k c_{eq}^{(1/n)}$$

Siendo k y n constantes. Esta ecuación es aplicable a situaciones que implican concentraciones bajas o moderadas.

4.7 Aspectos éticos

Teniendo en cuenta ideales éticos como el respeto, la justicia, la responsabilidad, la honradez y la libertad de acceso a los recursos hídricos de forma sostenible, el estudio se realizó en un esfuerzo por reducir la contaminación causada por los residuos mineros.

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis descriptivo.

5.1.1 Evaluar la influencia en el uso de excedente orgánico para la biorremediación de aguas residuales de minería.

Las pruebas se realizaron alterando la masa de biorremediación a 5 g, 10 g, 15 g y 20 g. Los valores experimentales se ajustaron a las isothermas de Langmuir y Freundlich.

5.1.1.1 Proceso de Linealización de isothermas de Langmuir para el residuo orgánico de cascara de Naranja

La tabla 15 del anexo 3 muestra los resultados obtenidos tras la linealización de las isothermas.

La isoterma de Langmuir, $R = 0,913$, resultó ser la que más concordaba con los datos experimentales.

Cuadro 5. Niveles de correlación, para el estudio del modelo.

Niveles de correlación	
$0 < R^2 < 0.6$	El modelo es pobre
$0.6 < R^2 < 0.9$	El modelo es bueno
$0.9 < R^2 < 1$	El modelo es muy bueno

Fuente: Villanueva, C. (2007)

Los resultados de acuerdo al modelo de Langmuir mostrados en la figura 2.

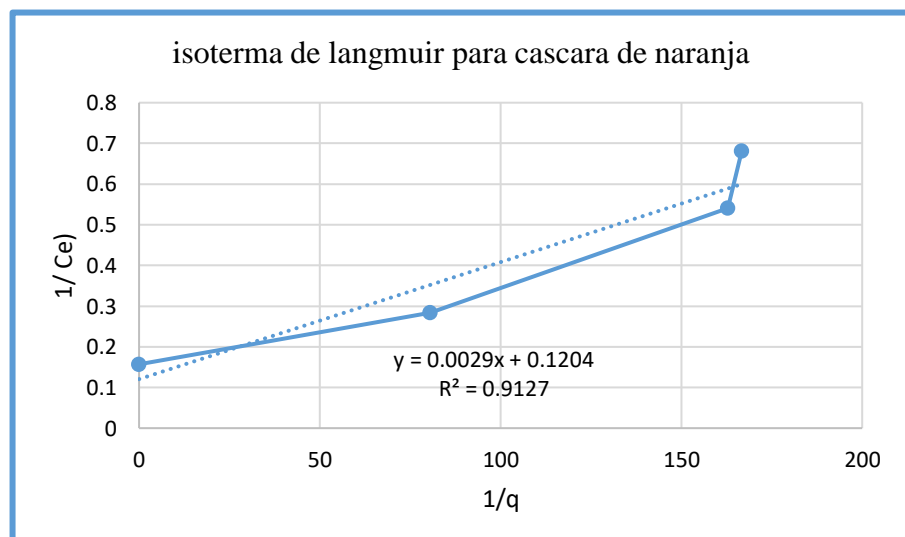


Figura 2. Resultados de la isoterma de Langmuir para cascara de naranja.

Fuente: Datos de la investigación

Cuadro 6. Proceso de Linealización isoterma de Langmuir para cascara de naranja

Isoterma de Langmuir para cascara de naranja	
Ecuación de la isoterma	$y = 0.0029x + 0.1204$
R^2	0.9127
Ordenada (a)	0.1204
Pendiente (b)	0.0029
q_{max}	344.827586
	mg de pb/g biosorbente
b	1.319

Fuente: Datos de la investigación.

5.1.1.2 Proceso de Linealización de isotermas de Langmuir para el residuo orgánico cascara de granadilla.

La Tabla 16 del Apéndice 3 muestra los datos obtenidos tras la linealización de la isoterma.

Con un valor R de 0,8452, la isoterma de Langmuir fue la que mejor se ajustó al experimento. El modelo satisfactorio se generó a partir de las dos isotermas.

La figura 3 muestra los resultados del modelo de Langmuir.

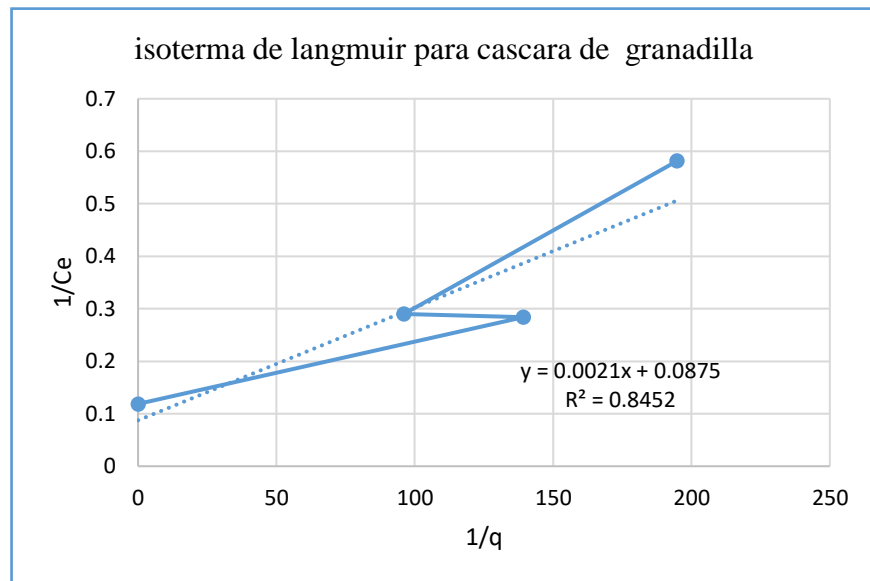


Figura 3. Resultados de la isoterma de Langmuir para cascara de granadilla.

Fuente: datos de la investigación

Cuadro 7.. Proceso de Linealización isoterma de Langmuir para cascara de granadilla.

Isoterma de Langmuir para cascara de granadilla	
Ecuación de la isoterma	$y = 0.0021x + 0.0875$
R^2	0.8452
Ordenada (a)	0.0875
Pendiente (b)	0.0021
q_{max}	476.2 mg de pb/g biosorbente
b	1.232

Fuente: Datos de la investigación

5.1.1.3 Proceso de linealización de isotermas de Langmuir para el residuo orgánico cascara de Naranja y granadilla.

La Tabla 17 del Apéndice 3 muestra los datos recogidos durante la linealización de la isoterma.

El modelo creado a partir de las dos isothermas funcionó bien, siendo la isoterma de Langmuir la que mostró mayor correlación ($R=0,88$) con los resultados experimentales. La figura 4 representa los resultados según el modelo de Langmuir.

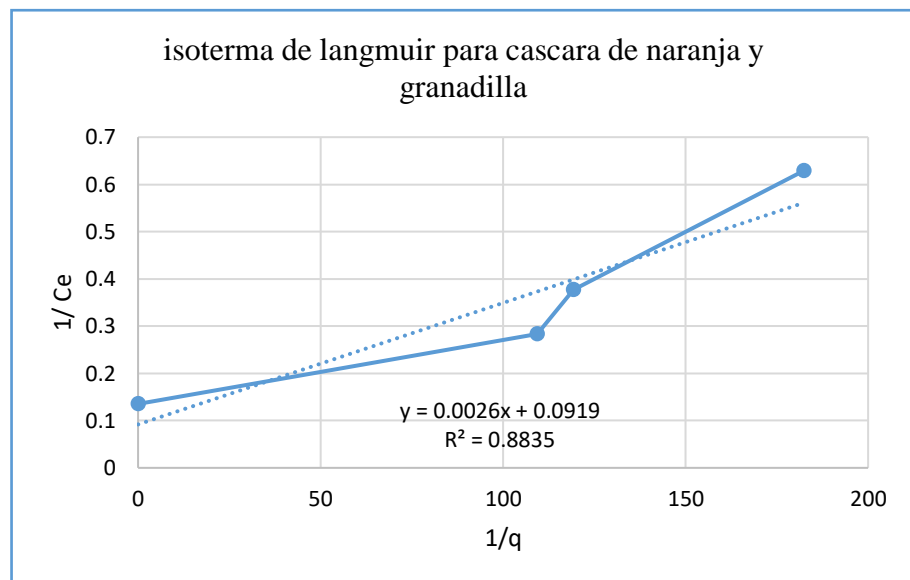


Figura 4. Resultados de la isoterma de Langmuir para cascara de naranja y granadilla

Fuente: datos de la investigación

Cuadro 8. Proceso de Linealización isoterma de Langmuir para piel de naranja y granadilla.

Isoterma de Langmuir para cascara de naranja y granadilla	
Ecuación de la isoterma	$y = 0.0026x + 0.0919$
R^2	0.88
Ordenada (a)	0.0919
Pendiente (b)	0.0026
q_{max}	384.6 mg de pb/g biosorbente
b	1.236

Fuente: Datos de la investigación.

Cuadro 9. Remoción del plomo del agua residual de minería en mg/g de cada tratamiento

masas de residuo orgánico g	casaca de naranja (mg/g)	casaca de granadilla (mg/g)	casca de granadilla y naranja (mg/g)
20	344.83	476.2	384.6
15	338.93	470.73	378.93
10	333.03	465.24	373.26
5	327..18	459.79	367.59

Fuente: Datos de la investigación

5.1.2 Determinar el porcentaje óptimo de la piel de naranja y granadilla para la biorremediación de aguas residuales de minería.

La tabla 14 del anexo 2 muestra los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS - Tingo Maria).

De acuerdo a lo que se observa en el cuadro 14, la masa óptima para la biorremediación de aguas residuales de minería es equivalente a 20g de casaca de naranja con 95.87% de retención de plomo y seguido por 20g combinado de casaca de naranja con casaca de granadilla con 95.53% de retención de plomo, evidenciando una disminución progresiva de la retención de plomo siendo la última con 5g de cáscara de granadilla con una retención 76.34% como se observa en la figura 1.

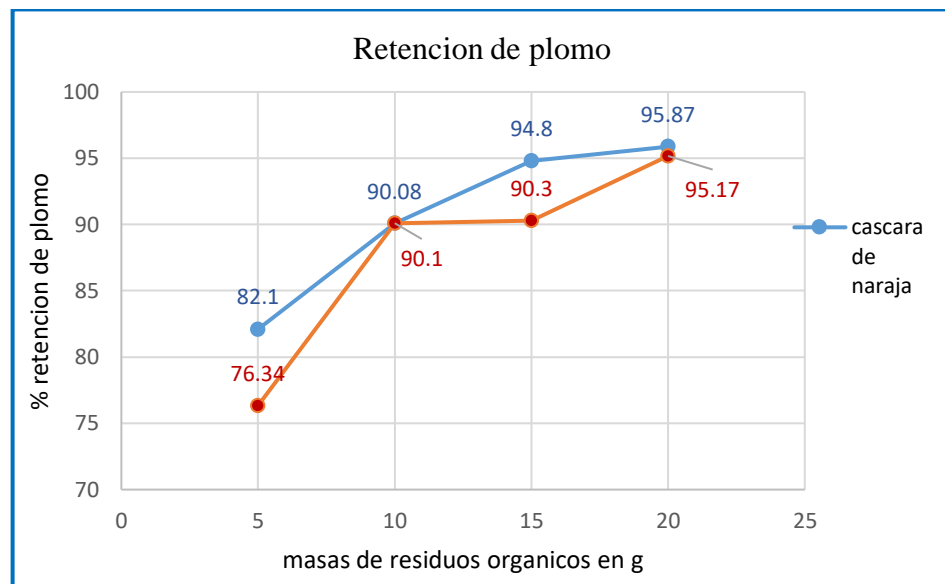


Figura 1. Porcentaje de retención de plomo.

Fuente: Datos de la investigación

5.1.3 Determinar los parámetros del agua residual de minería tratada con porcentajes de cascara de naranja y granadilla.

Los parámetros de la investigación fueron determinados teniendo en cuenta los antecedentes y las bases teóricas donde se establecieron los siguientes parámetros: utilizando un pH de 5, un tamaño de partícula de 0,5 mm, una cantidad de cáscara de 20 g, 15 g, 10 g y 5 g, una duración del contacto de 4 horas y una temperatura de 25 °C, se midió la absorbancia a 217 nm. Para los tres tratamientos, cáscara de naranja, cáscara de fruta de la pasión y una mezcla de ambas, respectivamente.

5.1.4 Determinar las características microbiológicas de las aguas residuales de minería tratadas con diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla.

Los análisis de laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva proporcionaron la información del cuadro siguiente (UNAS - Tingo Maria).

Cuadro 10. Características microbiológicas del agua del relave minero sin tratamiento.

Agente microbiano	Resultado
Numeración de microorganismos aerobio viables	13 x 10 ³ UFC/mL
Numero de coliformes totales	Ausencia
Numeración de E. coli.	Ausencia
Numeración de mohos y levaduras	5 x 10 ³ UFC/mL
pH	7.30

Fuente: UNAS, 2018

Como se observa en el cuadro las características microbiológicas del agua del relave minero de Antamina presenta un moderado número de microorganismos aerobios viables y mohos- levaduras que exceden los límites microbiológicos permisibles.

Cuadro 11. Características microbiológicas del agua del relave minero de Antamina tratada con residuos orgánicos de cascara de naranja y granadilla

Agente microbiano	Resultado
Numeración de microorganismos aerobio viables.	2 x 10 ³ UFC/g
Numeración de E. coli.	Ausencia
Numeración de bacillos cereus.	Ausencia
Investigación de salmonella sp.	Ausencia
Numeración de mohos y levaduras.	1 x 10 ³ UFC/g

Fuente: UNAS, 2018

En el cuadro podemos observar que el agua del relave minero de Antamina tratada con residuos orgánicos de cascara de naranja y granadilla se encuentra dentro de los rangos permisibles y es apto para el consumo humano.

5.1.5 Evaluar el costo de la biorremediación de las aguas residuales de minería a base de diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla.

Cuadro 12. Costos de biorremediación con los residuos orgánicos de naranja y granadilla

Costos de la biorremediación con residuos orgánicos (s/.)			
Costos	Cascara de naranja	Cascara de granadilla	Cascara de Naranja y Granadilla
Costos fijos (CF)	0.3	3.1	1.7
costos variables (CV)	0.1	0.1	0.1
costo total (CT)	0.4	3.2	1.8

Fuente: Datos de la investigación

Como se observa en el cuadro, los costos de producción de los tratamientos se calcularon considerando los costos fijos y variables, siendo el tratamiento con cáscara de naranja el de menor costo total, 0,40 nuevos soles por litro de agua residual minera tratada, y el tratamiento con cáscara de maracuyá el de mayor costo total, 3,20 nuevos soles por litro de agua tratada.

5.2 Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis

El presente estudio puso a prueba la siguiente hipótesis:

H_1 = en al menos un grupo el promedio de absorbancia es distinto, con 95% de confiabilidad

H_0 = el promedio de absorbancia en los tres grupos es igual, con un 95% de confiabilidad

Según el cuadro 12, se acepta la hipótesis nula cuando la probabilidad es 0,87 y el valor F calculado es 0,14.

Cuadro 13. Análisis de varianza

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	14.96	2	7.48	0.14	0.87	4.26
Dentro de los grupos	466.12	9	51.79			
Total	481.08	11				

Fuente: Datos de la investigación

Cuando la F calculada es menor al 5%, no hay diferencia significativa en la eliminación de plomo para tratamientos con medias iguales..

5.3 Discusión de resultados

5.3.1 Evaluar la influencia en el uso de residuos orgánicos para la biorremediación de aguas residuales de minería.

Claudia Cecilia Villanueva Huerta, 2006. "Biosorción de cobre (II) por pretratamiento de biomasa de cáscara de Citrus Sinensis (naranja), Citrus Limonium (limón) y Opuntia Ficus (nopal)". [Los datos de adsorción obtenidos en el experimento se analizaron mediante las ecuaciones de Langmuir y Freundlich. Citrus sinensis presentó la mayor capacidad de biosorción de Cu (II) con 36,1011 mg/g, seguido de Citrus limonium con 47,0436 mg/g y Opuntia ficus con 44,2567 mg/g. Opuntia ficus tuvo la capacidad más baja con 44,2567 mg/g.

El valor R para la isoterma de Langmuir utilizada en la linealización de la biomasa de cáscara de naranja fue de 0,913%. Con una retención de 344,83 mg/g de plomo/g, el modelo final de las dos isotermas funcionó bien. Con una retención de 344,83 mg/g de plomo/g, el modelo final de las dos isotermas funcionó bien. La isoterma de Langmuir, con un valor R de 0,8452, describe mejor los resultados experimentales de la técnica de linealización para la biomasa de cáscara de maracuyá. La retención de 476,2 mg/g de plomo/g en el modelo derivado de las dos isotermas fue satisfactoria. Durante el proceso de linealización, el valor R de la isoterma de Langmuir para la biomasa de cáscara de naranja y maracuyá fue de 0,88, y el modelo producido a partir de estas dos isotermas funcionó bien.

5.3.2 Determinar el porcentaje óptimo de la cascara de naranja y granadilla para la biorremediación de aguas residuales de minería.

En la disertación de 2013 de Jorge Luis Ordoez Vinueza y Ral Andrés Moreno Farfan titulada "Estudio del uso de residuos orgánicos del cultivo de rosas (tallos de rosas) como biosorbente de cadmio para el tratamiento de aguas residuales" descubrieron que la masa óptima de biosorbente para la biosorción de cadmio es de 25 g, que retiene el metal a una tasa de retención del 63%. Las masas restantes se

muestran a continuación en orden decreciente, siendo 10 g la que presenta la menor retención de metal, con un 36,4%.

Según los resultados de nuestro estudio, la masa ideal para la biorremediación de las aguas residuales de estériles mineros es igual a 20g de cáscara de naranja con una retención de plomo del 95,87%, seguida de 20g de cáscara de fruta de la pasión combinada con cáscara de naranja con una retención de plomo del 95,53%, lo que demuestra una disminución progresiva de la retención de plomo, y por último 5g de cáscara de fruta de la pasión con una retención del 76,34%

5.3.3 Determinar los parámetros del agua residual de minería tratada con porcentajes de cascara de naranja y granadilla.

Anah Fernanda Cardona Gutiérrez, Dulce Diana Cabaas Vargas y Alejandro Zepeda Pedreguera publicaron una tesis en 2013 titulada "Evaluación del poder biosorbente de la cáscara de naranja para la remoción de metales pesados, Pb (II), y Zn (II)." Fue escrita por los tres. En comparación con los otros siete experimentos, el Experimento 4 (pH 5, tamaño de partícula 0,4mm, concentración de metal 80ppm, número de cáscaras de naranja 0,5g, duración del contacto 2h, T 50°C, biomasa con reticulación) demostró la mayor capacidad de eliminación (9,39mg Pb (II) / g de cáscara de naranja), así como el mayor porcentaje de eliminación (99,5%).

En la presente investigación se calcularon los parámetros teniendo en cuenta los antecedentes y fundamentos teóricos en los que se establecieron los siguientes parámetros: pH de 5, tamaño de partícula de 0,5 mm, cantidad de cáscara 20g 15g 10g 5g, periodo de contacto de 4 horas, temperatura de 25°C, y medida de absorbancia de 217nm. Para los tres tratamientos, se produjo una eliminación de 344,83 mg de plomo por gramo de cáscara de naranja, 476,2 mg de plomo por gramo de cáscara de maracuyá y 384,6 mg de plomo por gramo tanto de maracuyá como de cáscara de naranja.

5.3.4 Determinar las características microbiológicas de las aguas residuales de minería tratadas con diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla.

Según la norma técnica sanitaria – MINSA/DIGESA – V. 01 (actualización de la R.M. N° 615 – 2003- SA/DM), el agua tratada con residuos orgánicos de cascara de naranja y granadilla se encuentra dentro de los rangos permisibles y es apto para el consumo humano.

Cuadro 14. Comparación de los resultados con la norma técnica

Agente microbiano	Resultado	Limites M.O/g	
		Mínimo	Máximo
Numeración de microorganismos aerobio viables.	2×10^3 UFC/g	10^4	10^5
Numeración de E. coli.	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Numeración de bacillos cereus.	Ausencia	10^2	10^4
Investigación de salmonella sp.	Ausencia	Ausencia/25 g	Ausencia/2 g
Numeración de mohos y levaduras.	1×10^3 UFC/g	10^2	10^3

Fuente: Datos de la investigación

5.3.5 Evaluar el costo de la biorremediación de las aguas residuales de minería a base de diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla.

La remediación de efluentes que contienen metales pesados suele implicar el uso de carbón activado, intercambio iónico, extracción con disolventes, micro/nano/ultrafiltración, ósmosis inversa y nuevas técnicas de flotación. Debido a los elevados gastos operativos y energéticos que conllevan algunas de las alternativas, los propietarios de microempresas y pequeñas empresas suelen preferir verter sus efluentes en fosas sépticas normales o incluso en pozos profundos. Esto se debe a que algunas de las otras opciones (Villanueva, 2007).

Los materiales orgánicos e inorgánicos que son abundantes, baratos o gratuitos han atraído un mayor interés de estudio como adsorbentes, y esto es cierto tanto para sustancias orgánicas como inorgánicas (Volesky et al., 1995).

En el estudio, los costos se determinaron tomando en cuenta los costos fijos y variables, donde el tratamiento con cáscara de naranja arrojó el costo total más bajo de 0.40 nuevos soles por litro de agua residual minera tratada y el tratamiento con cáscara de maracuyá arrojó el costo total más alto de 3.20 nuevos soles por litro de agua tratada.

5.4 Aporte científico de la investigación

Según el estudio realizado por la empresa minera Antamina utilizando residuos orgánicos de cáscara de naranja y cáscara de maracuyá para la biorremediación de aguas residuales de relaves mineros, la masa óptima para la biorremediación de aguas residuales mineras es igual a 20 g de cáscara de naranja con una tasa de retención de plomo de 95,87%. Se utilizaron los siguientes parámetros: un pH de 5, un tamaño de partícula de 0,5 mm, un período de contacto de 4 horas, una temperatura de 25 °C, una lectura de absorbancia de 217 nm y absorbancia a 217 nm.

CONCLUSIONES

- ❖ La masa óptima para la biorremediación de aguas residuales de minería es equivalente a 20g de cascara de naranja con 95.87% de retención de plomo y seguido por 20g de cascara de granadilla combinado con cascara de naranja con 95.53% de retención de plomo.
- ❖ Los parámetros fueron determinados teniendo en cuenta los antecedentes y las bases teóricas donde se establecieron los siguientes parámetros: pH de 5, tamaño de partícula 0.5mm, cantidad de cascara 20g 15g 10g 5g, tiempo de contacto 4 horas, temperatura 25°C, lectura de absorbancia a 217nm.
- ❖ Según la norma técnica sanitaria – MINSA/DIGESA – V. 01 (actualización de la R.M. N° 615 – 2003- SA/DM), el agua tratada con residuos orgánicos de cascara de naranja y granadilla se encuentra dentro de los rangos permisibles y es apto para el consumo humano.
- ❖ El tratamiento con cáscara de naranja tuvo el menor costo total por litro de efluente minero tratado, con 0,40 nuevos soles, mientras que el tratamiento con cáscara de maracuyá tuvo el mayor costo total, con 3,20 nuevos soles.
- ❖ La isoterma de Langmuir tuvo un valor R de 0,913 cuando se utilizó en el procedimiento de linealización para la biomasa de piel de naranja. Con una retención de 344,8 mg de plomo/g, el modelo resultante de las dos isotermas tuvo éxito.

SUGERENCIAS

- ❖ El utilizar las cáscaras de naranja como biosorbente para el tratamiento de aguas residuales procedentes de minería por ser una técnica más exitosa de tratamiento de residuos orgánicos
- ❖ Realizar la investigación con granulometría inferior a 0.5mm para facilitar la absorbancia.
- ❖ Realizar la investigación con pH neutro para evitar la presencia de bacterias.
- ❖ Realizar la investigación con otras fuentes de pectina para reducir el costo de la biorremediación.

REFERENCIAS

- Balaria, A. & Schiewer, S. Assessment of biosorption mechanism for Pb binding by citrus pectin. *Separation and Purification Technology* (2008) 63, 577-581.
- Volesky, B. & Halan Z. R. Rev. Biosorption of Heavy Metals. *Biotechnol. Prog* 11. (1995) 235-250.
- Tapia H.; Maldonado G.; “Biorremediación de metales tóxicos en efluentes mineros aplicando biosorción”. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología. Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas.* 2001, 4(07).
- Debbaudt, A.L., Ferreira, M.L. & Gschaidera, M.E. Theoretical and experimental study of M²⁺ adsorption on biopolymers. 111. Comparative kinetic pattern of Pb, Hg and Cd. *Carbohydrate Polymers* 56. (2004) 321-332.
- Veglio, F. & Beolchini F. Rev. Removal of metals by biosorption. *Hydrometallurgy* 44. (1997) 301-316.
- Mijangos F., Jodra Y.; “Viabilidad de los alginatos como intercambiadores de iones para el tratamiento de aguas residuales”. *Afinidad LII.* Septiembre-Octubre. (1995) 459.
- Gierselmer K. Pectin and Pectin enzymes in fruit and vegetables technology. (1997) 718, 171-185.
- Moreno Garrido, Ignacio. acumulación de Cu y Zn por células microalgales marinas de *Nannochloropsis gaditana* (Eustigmatophyceae) inmovilizadas en alginato de calcio. *Ciencias Marinas.* (2002) 28(1):107-119.
- Weast, T. Metales pesados en ciclos biológicos. Editorial Iberoamericana. Guadalajara, México. (1984) pg. 421-423
- Cañizares, R. Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista Latinoamericana de Microbiología.* (2000) 42:131-143.
- Selim, Magdi H.; MA, Liwang. Nonequilibrium in soils: Modeling and application. Ed. Ann Arbor Press. Michigan. (1998) 492 p.
- B. Volesky; International Biohydrometallurgy Symposium, “Biosorption for the next century”, El Escorial. (1999) Junio, 20-23.

- Roane, T. M ; pepper, I. L. Microbial response to environmentally toxic cadmium. *Microbial Ecology*. (2000) 38; p. 358 – 354.
- Lenntech agua residual & purificación del aire holding b.v. Copyright © (1998-2006) <http://www.lenntech.com/espanol/tablaieiodica/Cd.htm>
Holanda.
- Hang A., Smidsrod O. Selectivity of Some Anionic Polymers for Divalent Metal Ions. *Acta Chem. Scand.* (1970). 24(3), 843-854.
- USEPA, 1986; NAS/NRC. (1993)
- Chicón, L. Especiación de metales pesados en lodos de aguas residuales de origen urbano y aplicación de lodos digeridos como mejoradores de suelos. Universidad de Málaga (2006).
- Aydin, Z. & Akbuga, J. Preparation and evaluation of pectin beads. *International/ Journal of Pharmaceutics*. (1996) 137, 133-136.
- Brower Byrnes, Jennifer. et al. Comparison of ion-exchange resins and biosorbents for the removal of heavy metals from plating factory wastewater. *Environmental Science and Technology*, (1997). 31(10):2910-2914.
- Chu, K. H. Improved fixed bed models for metal biosorption. *Chemical Engineering Journal*, (2003) 97:233-239.
- Bolt, G. H. *Soil chemistry: B. Physicochemical models*. Ed. Elsevier Scientific Publishing Company. Oxford. (1982) 527 p.
- Veglio, F. & Beolchini F. Rev. Removal of metals by biosorption. *Hydrometallurgy*. (1997) 44, 301-316.
- Gupta, V. K., Suhas. Application of low cost adsorbents for dye removal. *Journal of environmental management*. (2009) Vol. 90 pp. 2313-2342.
- Ory, I. Optimization for immobilization conditions for vinegar production. Siran, wood chips and PUF as carriers for *Acetobacter aceti*. *Process. Biochem.* (2004). 39, 547-555.
- Atkinson, B. W., F. Bux Y H. C. Kassan. Considerations for application of biosorption technology to remediate metal-contaminated industrial effluents. *Water SA*. (1998) 24:129-135.
- Hu, H. Human health and heavy metals exposure. *The Environment and Human Health*. MIT Press. (2002) 33-36.

- Jiménez Jg, Gelabert R, Brito R. Toxic effects of nickel and zinc in *Artemia franciscana* (Crustacea: Branchiopoda: Anostraca) Trópico Húmedo. (2006) 22 (1):65-74.
- Ory, I. Optimization for immobilization conditions for vinegar production. Siran, wood chips and PUF as carriers for *Acetobacter aceti*. Process. Biochem. (2004)39, 547-555.
- OMS, 1980
- Miller, G. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar Ann. Chem. (1959)31: 426-428.
- Villena, G.K. Y Gutierrez-Correa, M. Biopelículas de *Aspergillus niger* para la producción de celulasas: algunos aspectos estructurales y fisiológicos. Rev. peru biol. (2003) vol.10, no.1, p.78-87.
- Addleman, K.; D Umonceaux, T.; P Aice, M.G.; B Ourbonnais, R; A Rchibald, F.S. "Production and characterization of *Trametes versicolor* Mutants unable to bleach hardwood kraft pulp". Applied and Environmental Microbiology. (1995) 61 (10): 3687-3694.
- Reyes, S., Alvares, J. Fungal bioleaching of metals in preservative treated wood. Process biochemistry. (2007) 42 : 798-804.
- Gadd, G. M. Y C. White. Microbial treatment of metal pollution – a working biotechnology? Trends Biotechnol. (1993) 11:352-359.
- Moreira M., Feijoo G., Lema J. Fungal bioreactors: Applications to white-rot fungi. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. (2003) 2: 247–259.
- Iqbal, M., Saeed A. Entrapment of fungal hyphae in structural fibrous network of papaya wood to produce a unique biosorbent for the removal of heavy metals. Enzyme and Microbial Technology. (2006). 39: 996–1001.
- Dilek, F., Erbay, A., Yetis U. Ni(II) biosorption by *Polyporus versicolor*. Process Biochemistry 37 (2002) 723–726.
- G. Untiveros Bermudez. Obtención y Caracterización de las pectinas de alto y bajo metoxilo de la Manzana variedad Pachacamac. (Tesis para optar el grado de Maestro en ciencias con mención en Química). Lima. Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2002.

- I. A. H. Schneider and Jorge Rubio. Sorption of Heavy Metals Ions by the NonLiving Biomass of Freshwater Macrophytes. *Environ. Sci. Technol.*, (1999) 33, 2213-2217.
- Grant G. T., Morris E. R., Rees D. A., Smith P.J.C. and Thorm D. Biological Interactions Between Polysaccharides and Divalent Cations: The exx-box model. *FEBS Lett.* (1973) 32, 195-198.
- Fennema D. *Química de los Alimentos*. Zaragoza: Acribia. (1993)
- Cheftel C. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Volumen I. Zaragoza: Acribia (1986).
- Braverman J. *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. Barcelona: Omega.(1977)
- Hirst J. *The chemistry of pectis materials and advances carbohydrate chemistry*. New Jersey: Franklin Publishing (1988) 2.
- Nelson F. Aplicaciones más recientes de las pectinas en los alimentos. *Sociedad Chilena de tecnología de alimentos*. (1991), 6(4), 33-41.
- Fizman S. Propiedades funcionales de los hidrocoloides polisacáridos. Mecanismos de gelificación. *Revista Agroquímica y tecnología de los alimentos*. (1998) 29, 415-425.
- Choy L. *Planta para producción de pectina*. Tesis para obtener el grado de Titulo Ingeniero Químico. Lima: UNMSM (1989).
- Herbstreith & Fox. *The pectins*. Technical Service. Research & development. 2001.
- Jang L., Brand W. Feasability of Using Alginate to Adsorb Dissolved Copper from Aqueous Media. *Environ. Progress*. (1990) 9(4), 269-274.
- Satochi Nalcon, Yutaka Inoue G. C, Entikaya Donmez, Z. Aksu, A.Ozturk, T. Kutsal. A comparative study on heavy metal biosorption characteristics of some algal. *J. Process Biochemstry*. (1999) 34(2), 885-892.
- Villanueva, C. *Biosorción de Cobre (II) por biomasa pretratada de cáscara de Citrus Sinensis (naranja), Citrus Limonium (limón) y Opuntia Ficus (palmeta de nopal)*, en la universidad nacional mayor de san marcos - facultad de química e ingeniería química E.A.P. de química – lima – Perú (2007).

ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: ESTUDIO DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA LA BIORREMEDIACION DE AGUAS RESIDUALES DE MINERÍA						
Tesista: Quino Jara, Ricardo						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN
<p>GENERAL:</p> <p>¿Cómo influye el uso de residuos orgánicos para la biorremediación de aguas residuales de minería?</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál será el porcentaje óptimo de la cascara de naranja y granadilla para la biorremediación de aguas residuales de minería? ¿Cuáles serán los parámetros del agua residual de 	<p>GENERAL:</p> <p>Evaluar la influencia en el uso de residuos orgánicos para la biorremediación de aguas residuales de minería.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar el porcentaje óptimo de la cascara de naranja y granadilla en la biorremediación de aguas residuales de minería Determinar los parámetros del agua residual de minería 	<p>GENERAL</p> <p>Los residuos orgánicos de las cascara de naranja y granadilla en la biorremediación influyen significativamente en la remoción de metales pesados en las aguas residuales de minería generando bienestar a la población.</p> <p>ESPECÍFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los porcentajes de las cascara de naranja y granadilla influyen significativamente en la biorremediación de 	<p>INDEPENDIENTE:</p> <p>X_1: Cáscara de naranja y granadilla en la biorremediación de aguas residuales de minería.</p> <p>DEPENDIENTE:</p> <p>Y: Parámetros del agua residual de minería tratada con los residuos orgánicos para la biorremediación.</p>	<p>Porcentajes</p>	<p>X_{11}: 100% de cascara de granadilla</p> <p>X_{12}: 80% de cascara de granadilla y 20% de cascara de naranja</p> <p>X_{13}: 60% de cascara de granadilla y 40% de cascara de naranja.</p> <p>X_{14}: 40% de cascara de granadilla y 60% de cascara de naranja.</p> <p>X_{15}: 20% de cascara de granadilla y 80% de cascara de naranja.</p> <p>X_{16}: 100% de cascara de naranja.</p> <p>Solidos totales Carbohidratos Grasas Metales pesados</p>	<p>TIPO: Aplicada</p> <p>NIVEL: Experimental</p> <p>DISEÑO: DBCA</p> <p>PRUEBA TUKEY</p>

<p>minería tratada con diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles serán las características microbiológicas de las aguas residuales de minería tratadas con diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla? • ¿Cuál será la relación costo beneficio en la biorremediación de las aguas residuales de minería a base de diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla? 	<p>tratada con porcentajes de cascara de naranja y granadilla.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las características microbiológicas de las aguas residuales de minería tratadas con diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla • Evaluar el costo de la biorremediación de las aguas residuales de minería a base de diferentes porcentajes de cascara de naranja y granadilla. 	<p>aguas residuales de minería mejorando los factores ambientales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los parámetros dependen parcialmente de los porcentajes de cascara de naranja y granadilla. • Las características microbiológicas de las aguas residuales de minería sobrepasan los límites máximos permisibles para el consumo humano. • La biorremediación de las aguas residuales de minería con cascara de naranja y granadilla tiene un costo – beneficio superior a uno. 		<p>Análisis fisicoquímico</p> <p>Características microbiológicas</p>	<p>Nitrógeno Ph Fosforo Oxígeno disuelto</p> <p>Protista virus</p>	
--	---	---	--	--	--	--

ANEXO 02

Cuadro 15. RESULTADOS DE LA ABSORBANCIA DE PLOMO DE AGUAS DEL RELAVE MINERO DE LA COMPAÑÍA ANTAMINA.

Muestra	Descripción	Contenido de plomo en ppm en base seca	Retención de plomo %
Agua	Agua de relave minero de Antamina	35.59	
Cascara de naranja	20g de cascara de naranja + 200mL de agua de relave minero de Antamina	1.47	95.87
	15g de cascara de naranja + 200mL de agua de relave minero de Antamina	1.85	94.80
	10g de cascara de naranja + 200mL de agua de relave minero de Antamina	3.53	90.08
	5g de cascara de naranja + 200mL de agua de relave minero de Antamina	6.37	82.10
Cascara de granadilla	20g de cascara de naranja + 200mL de agua de relave minero de Antamina	1.72	95.17
	15g de cascara de naranja + 200mL de agua de relave minero de Antamina	3.45	90.30
	10g de cascara de naranja + 200mL de agua de relave minero de Antamina	3.52	90.10
	5g de cascara de naranja + 200mL de agua de relave minero de Antamina	8.42	76.34
Cascara de naranja y cascara de granadilla	10g de cascara de naranja y 10g de cascara de granadilla + 200mL de agua de relave minero de Antamina	1.59	95.53
	7.5g de cascara de naranja y 7.5g cascara de granadilla + 200mL de agua de relave minero de Antamina	2.65	92.55
	5g de cascara de naranja y 5g de cascara de granadilla + 200mL de agua de relave minero de Antamina	3.53	90.08
	2.5g de cascara de naranja y 2.5g de cascara de granadilla + 200mL de agua de relave minero de Antamina	7.39	79.24

Fuente: UNAS, 2018

ANEXO 03

PROCESOS DE LINEALIZACIÓN DE LAS BIOMASAS

Cuadro 16. Proceso de Linealización para la biomasa de cascara de naranja, Isoterma de Langmuir y Freundlich.

Masa	Ci	Ce	q	Langmuir		Freundlich	
(mg)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/g)	1/q	1/Ce	Log q	Log Ce
0.005	6.37	6.37	0	0.157			0.8041
0.01	6.37	3.53	2.84	0.2833	80.453	2.4533	0.5478
0.015	6.37	1.85	4.52	0.5405	162.88	2.479	0.2672
0.02	6.37	1.47	4.9	0.6803	166.67	2.3892	0.1673

Fuente: datos de la investigación

Cuadro 17. Proceso de Linealización para la biomasa de cascara de granadilla, Isoterma de Langmuir y Freundlich.

Masa	Ci	Ce	q	Langmuir		Freundlich	
(mg)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/g)	1/q	1/Ce	Log q	Log Ce
0.005	8.42	8.42	0	0.1188			0.9253
0.01	8.42	3.52	4.9	0.2841	139.2	2.4533	0.5465
0.015	8.42	3.45	4.97	0.2899	96.039	2.479	0.5378
0.02	8.42	1.72	6.7	0.5814	194.77	2.3892	0.2355

Fuente: datos de la investigación

Cuadro 18. Proceso de Linealización para la biomasa de cascara de naranja y granadilla, Isoterma de Langmuir y Freundlich.

Masa	Ci	Ce	q	Langmuir		Freundlich	
(mg)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/g)	1/q	1/Ce	Log q	Log Ce
0.005	7.39	7.39	0	0.1353			0.8686
0.01	7.39	3.53	3.86	0.2833	109.35	2.5866	0.5478
0.015	7.39	2.65	4.74	0.3774	119.25	2.4997	0.4232
0.02	7.39	1.59	5.8	0.6289	182.39	2.4624	0.2014

Fuente: datos de la investigación

Cuadro 19. Costos de la biorremediación de los tratamientos en estudio

	costo fijo	precio kg.	costo variable	Precio kg.	costo total
Cascara de naranja	cascara	0.2	mano de obra	0.1	0.40
	secado	0			
	molienda	0.1			
Cascara de granadilla	cascara	3	mano de obra	0.1	3.2
	secado	0			
	molienda	0.1			
Cascara de naranja y granadilla	cascara	1.7	mano de obra	0.1	1.8
	secado	0			
	molienda	0.1			

Fuente: datos de la investigación

ANEXO 04

RESULTADOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Tingo María
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología
 Av. Universitaria s/n Telef (062) 562342 - Celular 941531359 Apto. 156
 analisisdesuelosunas@hotmail.com

**ANALISIS ESPECIAL**

SOLICITANTE:		QUINO JARA RICARDO				PROCEDENCIA:	HUANUCO
DATOS DE LA MUESTRA		ANALISIS PROXIMAL				Pb (ppm) en base seca	
Código	Referencia	Cenizas en base húmeda (%)	Materia Orgánica en base Seca (%)	Materia Seca (%)	Humedad Hd (%)		
M0517	agua de relave minero	0.08	0.06	0.14	99.86	35.59	
M0518	20g de cáscara de naranja + 200mL de	0.30	5.82	6.12	93.88	1.47	
M0519	15g de cáscara de naranja + 200mL de	0.27	5.11	5.38	94.62	1.85	
M0520	10g de cáscara de naranja + 200mL de	0.21	3.36	3.58	96.42	3.53	
M0521	5g de cáscara de naranja + 200mL de	0.16	1.80	1.96	98.04	6.37	
M0522	20g de cáscara de granadilla + 200mL de	0.60	4.20	4.80	95.20	1.72	
M0523	15g de cáscara de granadilla + 200mL de	0.47	2.62	3.08	96.92	3.45	
M0524	10g de cáscara de granadilla + 200mL de	0.37	2.49	2.85	97.15	3.52	
M0525	5g de cáscara de granadilla + 200mL de	0.22	1.24	1.46	98.54	8.42	

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 TINGO MARIA, 13 DE ABRIL DEL 2018
 RECIBO N° 001-0544097

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAS ANÁLISIS DE SUELOS

 Ing° Luis C. Mansilla Miraya
 JEFE





Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Servicio de Diagnóstico Microbiológico

Recibo N° 0544094

Muestras : Agua
Procedencia : Huánuco.
Atención a : Ing. Ricardo Quino Jara.
Fecha recepción : 14- 05 - 2018.
Análisis solicitados:

- Numeración Microorganismos Aerobios Viables
- Número Más Probable Coliformes Totales
- Numeración de *E.coli*.
- Numeración de Mohos y Levaduras
- pH

RESULTADOS:

- Numeración Microorganismos Aerobios Viables	: 13 x 10 ³ UFC/mL
- Numero Más Probable Coliformes Totales	: Ausencia
- Numeración de <i>E.coli</i> .	: Ausencia
- Numeración de Mohos y Levaduras	: 5 x 10 ³ UFC/mL
- pH	: 7.30

CONCLUSIONES:

La muestra de agua presenta un moderado número de microorganismos aerobios viables y Mohos-Levaduras que exceden los límites microbiológicos permisibles por lo tanto NO ES APTA para el consumo directo.

Sin embargo con un tratamiento de ebullición (100°C por 10 minutos) permitiría su consumo.

Tingo María, 04 de Junio de 2018



Ing. MSc. Franklin Dionisio Montalvo
Jefe (e) Laboratorio Microbiología



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Servicio de Diagnóstico Microbiológico

Recibo N° 0544094

Muestra : Combinado de naranja y granadilla

Procedencia :Huánuco-Proyecto de estudio de Residuos Orgánicos para la Biorremediación de aguas residuales de minería

Atención : Ing. Ricardo Quino Jara.

Asesor :Dr. Alejo Patiño Italo.

Fecha recepción: 14 de mayo de 2018

Análisis solicitados:

- ✓ Numeración Microorganismos Aerobios Viables.
- ✓ Numeración de *Escherichia coli*
- ✓ Numeración de *Bacillos Cereus*
- ✓ Investigación de *Salmonella sp.*
- ✓ Numeración de Mohos y Levaduras

RESULTADOS:

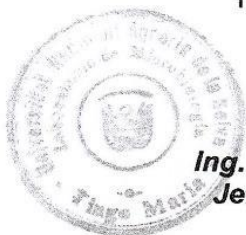
Agente microbiano	Resultado	Límites Ref.(*) m.o. / g	
		Mínimo	Máximo
Numeración Microorganismos Aerobios Viables.	2x10 ³ ufc/g	10 ⁴	10 ⁵
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Numeración de <i>Bacillos Cereus</i>	Ausencia	10 ²	10 ⁴
Investigación de de <i>Salmonella sp</i>	Ausencia	Ausencia / 25 g	Ausencia / 25 g
Numeración de Mohos y Levaduras	1x10 ³ ufc/g	10 ²	10 ³

* NTS N° - MINSA/DIGESA-V.01 (Actualización de la R.M. N°615-2003-SA/DM)

CONCLUSIONES:

La muestra procesada combinado de naranja y granadilla está dentro de los rangos permisible, es apto para consumo.

Tingo María, 04 de Junio de 2018



Ing. MSc. Franklin Dionisio Montalvo
Jefe (e) Laboratorio Microbiología

ANEXO 05
PANEL FOTOGRÁFICO DE LA INVESTIGACIÓN



Recopilación de los residuos orgánicos



Secado de las cascaras



Molienda de los residuos orgánicos



Harinas de las cascaras



Observación del relave minero



Toma de muestra del agua del relave minero



Evaluación de las muestras



Boletas de pago del análisis de laboratorio

NOTA BIOGRÁFICA



Ricardo Quino Jara, nació el 15 de mayo de 1989 en la ciudad de Llata, hijo de don Walter Quino Herrera y doña Paulina Jara Marques, naturales de la ciudad de Llata, realizó estudios primarios en la I .E. N° 32389 La Florida, sus estudios secundarios en el Colegio Nacional Víctor E. Vivar, los estudios superiores en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco en la carrera de Ingeniería Agroindustrial, los estudios de maestría los realizó en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, mención en Gestión Ambiental.



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN

Huánuco – Perú

ESCUELA DE POSGRADO

Campus Universitario, Pabellón V "A" 2do. Piso – Cayhuayna
Teléfono 514760 -Pág. Web. www.posgrado.unheval.edu.pe



ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE MAESTRO

En el Aula 202 de la Escuela de Posgrado, siendo las **16:30h**, del día viernes **07 DE DICIEMBRE DE 2018**, ante los Jurados de Tesis constituido por los siguientes docentes:

Dr. Fernando Jeremías GONZALES PARIONA	Presidente
Dra. María Betzabe GUTIERREZ SOLORZANO	Secretaria
Mg. Alberto SALDAÑA PANDURO	Vocal

Asesor de Tesis: Dr. Ítalo Wile ALEJOS PATIÑO (Resolución N° 0318-2018-UNHEVAL/EPG-D)

El aspirante al Grado de Maestro en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, mención en Gestión Ambiental, Don, Ricardo QUINO JARA.

Procedió al acto de Defensa:

Con la exposición de la Tesis titulado: **“ESTUDIO DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE MINERÍA”.**

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante al Grado de Maestro, teniendo presente los criterios siguientes:

- Presentación personal.
- Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones.
- Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis **las observaciones** siguientes:

Obteniendo en consecuencia el Maestría la Nota de Dieciséis (16)
Equivalente a Bueno, por lo que se declara Aprobado
(Aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado, firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las 6:00 pm horas del 07 de diciembre de 2018.

PRESIDENTE	VOCAL
DNI N° <u>22491216</u>	DNI N° <u>22808909</u>
SECRETARIA	
DNI N° <u>22462243</u>	

Leyenda:
19 a 20: Excelente
17 a 18: Muy Bueno
14 a 16: Bueno

(Resolución N° 02958-2018-UNHEVAL/EPG-D)

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

El que suscribe:

Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina

HACE CONSTAR:

Que, la tesis titulada: **ESTUDIO DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE MINERÍA**, realizado por el Maestranta en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, mención en Gestión Ambiental **Ricardo QUINO JARA**, cuenta con un **índice de similitud de 11%** verificable en el Reporte de Originalidad del software **Turnitin**. Luego del análisis se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio; por lo expuesto, la Tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias, además de no superar el 20,0% establecido en el Art. 233° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado Modificado de la UNHEVAL (Resolución Consejo Universitario N° 0720-2021-UNHEVAL, del 29.NOV.2021).

Cayhuayna, 10 de marzo de 2023.



Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado		Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría	x	Doctorado	
-----------------	--	-----------------------------	--	------------------	----------	---	-----------	--

Pregrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	
Escuela Profesional	
Carrera Profesional	
Grado que otorga	
Título que otorga	

Segunda especialidad (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	
Nombre del programa	
Título que Otorga	

Posgrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Nombre del Programa de estudio	MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
Grado que otorga	MAESTRO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Apellidos y Nombres:	QUINO JARA RICARDO							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	956743708
Nro. de Documento:	45095125					Correo Electrónico:	ricardo-quino@hotmail.com	

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:						Correo Electrónico:		

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos** según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	X	NO	
Apellidos y Nombres:	ALEJOS PATIÑO ITALO WILE			
Tipo de Documento:	DNI	x	Pasaporte	
Nro. de Documento:	19924672			
ORCID ID:	0000-0002-2549-5623			

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los **Apellidos y Nombres** completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	GONZALES PARIONA FERNANDO JEREMIAS
Secretario:	GUTIERREZ SOLORZANO MARIA BETZABE
Vocal:	SALDAÑA PANDURO ALBERTO
Vocal:	
Vocal:	
Accesitario	



5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
ESTUDIO DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE MINERÍA
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
MAESTRO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2018
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	Tesis Formato Artículo	Tesis Formato Patente de Invención
	Trabajo de Investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional	Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos
	Trabajo Académico	Otros (especifique modalidad)	
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	BIORREMEDIACIÓN	AGUAS RESIDUALES DE MINERÍA	RESIDUOS ORGÁNICOS

Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)	<input type="checkbox"/>
	Con Periodo de Embargo (*)	<input type="checkbox"/>	Fecha de Fin de Embargo:	<input type="text"/>

¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
Información de la Agencia Patrocinadora:	<input type="text"/>			

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.



7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma:			
Apellidos y Nombres:	QUINO JARA RICARDO	Huella Digital	
DNI:	45095125		
Firma:			
Apellidos y Nombres:		Huella Digital	
DNI:			
Firma:			
Apellidos y Nombres:		Huella Digital	
DNI:			
Fecha: 14/03/2023			

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.