Universidad Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

Efecto de la modificación química de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) en la bioadsorción de Pb (II) en solución acuosa, Cusco 2021

Danery Raquel Ttito Pérez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Cusco, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital

Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

DEDICATORIA

A mis padres, que, gracias a su esfuerzo, ejemplo y amor, puedo cumplir uno de los grandes objetivos de mi vida.

A mis hermanos, por su cariño y paciencia que me han brindado desde niños.

A mis demás familiares, gracias por sus consejos y por estar presente a lo largo de mi vida.

A mis amigos, por todos esos buenos momentos que pasamos juntos, cada risa, cada lagrima, cada experiencia, son recuerdos que llevaré conmigo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a quienes hicieron posible el cumplimiento de este objetivo:

A la Universidad Continental por darme la oportunidad de ser parte de esta gran familia.

Al Dr. Pablo Cesar Espinoza Tumialan quien estuvo guiándome en todo momento para poder terminar con éxito este trabajo de investigación.

A mis padres y a mis hermanos, por su amor y apoyo incondicional.

A mis amigos que me apoyaron a la realización de este trabajo y para aquellos que me motivaron a seguir adelante.

ÍNDICE

RESUMEN 8
ABSTRACT 9
INTRODUCCIÓN 10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO 12
1.1 Planteamiento y formulación del problema 12
1.1.1 Caracterización del problema 12
1.1.2 Formulación del problema 12
1.2 Objetivo de la Investigación 13
1.2.1 Objetivo general 13
1.2.2 Objetivos específicos 13
1.3 Justificación e importancia 13
1.3.1 Justificación e importancia de la Investigación 13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 15
2.1. Antecedentes de la Investigación 15
2.2. Marco Conceptual 16
2.2.1 Metales pesados 16
2.2.2 Plomo 18
2.2.3 Situación actual en el Perú 20
2.2.4 Efectos del plomo en el ser humano 25
2.2.5 Métodos de remoción de metales pesados en solución acuosa 27
2.2.6 Bioadsorción 27
2.2.7 Los bioadsorbentes 28
2.2.8 Ventajas y desventajas de la bioadsorción 29
2.2.9 Caracterización de los bioadsorbentes 29
2.2.10 Proceso de bioadsorción 30
2.2.11 Modificación química y física de algunos bioadsorbentes 30
2.2.12 Papa (*Solanum tuberosum)* 31
2.2.13 Producción de papa en el Perú 32
CAPÍTULO III: MÉTODO Y MATERIALES 34
3.1. Hipótesis 34
3.3.1. Hipótesis de investigación 34
3.3.2. Hipótesis específicas 34
3.2. Variables de la investigación 34
3.3. Desarrollo experimental 35
3.3.1. Materiales e instrumentos de investigación 35

3.3.2. Adquisición de la muestra 36
3.3.3. Pretratamiento 37
3.3.4. Modificación química 38
3.3.5. Preparación de agua sintética 39
3.3.6. Pruebas de adsorción 40
3.3.7. Disposición del bioadsorbente utilizado 43
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 44
4.1 Caracterización del bioadsorbente 44
4.2 Capacidad de adsorción 47
4.3 Constatación de hipótesis 52
CONCLUSIONES 54
RECOMENDACIONES 55
BIBLIOGRAFÍA 56
ANEXOS 63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Micronutrientes y macronutrientes en los organismos vivos 17
Tabla 2: Principales actividades industriales que generan metales pesados 19
Tabla 3: Posición del Perú en el ranking mundial de producción minera 21
Tabla 4: Producción minera metálica 22
Tabla 5: Producción minera de Plomo según región 23
Tabla 6.Capacidad de bioadsorción (mmol/g) 28
Tabla 7: Ventajas y desventajas de la bioadsorción 29
Tabla 8.Ejemplos de modificación en bioadsorbentes 31
Tabla 9: Producción anual de papa en el Perú 32
Tabla 10: Nivel de producción y rendimiento por región 33
Tabla 11: Variables y Operacionalización 34
Tabla 12: Preparación de agua sintética 39
Tabla 13: Diseño experimental 40
Tabla 14: Caracterización del bioadsorbente 44
Tabla 15: Primera prueba experimental 47
Tabla 16: Segunda prueba experimental 48
Tabla 17: Tercera prueba experimental 49
Tabla 18: Promedio de plomo adsorbido (ppm) 50
Tabla 19: Prueba experimental con cáscara de papa sin modificar 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución del plomo, en los tres compartimientos, (28).....25
Figura 2: Efectos principales por intoxicación con plomo, (24).....27
Figura 3: Bioadsorción en soluciónes acuosas por biomasa, (36).....30
Figura 4: Desarrollo experimental de la investigación, elaboración propia 35
Figura 6: Cáscara de papa recolectada 37
Figura 7: Muestra de cáscara de papa secada 37
Figura 8: Trituración de la cáscara de papa lavada y secada 38
Figura 9: Estufa usada a temperatura de 30°C.....38
Figura 10: Filtración por gravedad.....39
Figura 11: Nitrato de Plomo a concentración de 10 ppm 40
Figura 12: Pruebas de bioadsorción 41
Figura 13: Espectrofotómetro UV-VIS (510 λ) 41
Figura 14: Adición del cloroformo-di tizona 42
Figura 15: Envase utilizado para la disposición del bioadsorbente 43
Figura 16: Espectro FTIR de Cáscara de papa sin modificación 44
Figura 17: Espectro FTIR de Cáscara de papa con modificación 44
Figura 18: Análisis del espectro FTIR de Cáscara de papa sin modificación 45
Figura 19: Análisis del espectro FTIR de Cáscara de papa con modificación 46
Figura 20: % de bioadsorción, primera prueba experimental 47
Figura 21: % de bioadsorción, segunda prueba experimental 48
Figura 22: % de bioadsorción, tercera prueba experimental 49
Figura 23: Promedio final de plomo adsorbido 50
Figura 24: % de Bioadsorción con cáscara de papa sin modificar.....51
Figura 25: Comparación entre cáscara de papa modificada químicamente y sin modificar 52

RESUMEN

La presencia de plomo en cuerpos de agua representa un gran peligro al ecosistema como también a la salud del ser humano; por tal motivo, se busca nuevas alternativas de tratamiento de bajo costo, siendo la bioadsorción con material orgánico una alternativa factible y de fácil adquisición. Bajo este contexto, el presente trabajo evaluó el efecto de la modificación química con ácido cítrico a la cáscara de papa *(Solanum tuberosum)*, siendo un residuo orgánico que se genera en gran cantidad, para que sea utilizada como bioadsorbente del plomo en agua, para la cual se utilizaron soluciones de plomo preparadas en laboratorio.

Se determinó que trabajando con 0,2 g de cáscara de papa *(Solanum tuberosum)* modificada químicamente con ácido cítrico a 0,6 M para 10 ppm de plomo, se obtiene mejores resultados, llegando a un promedio de 90,08 % para un tiempo de contacto de 45 minutos, a diferencia de la cáscara de papa sin modificación química que alcanzó un porcentaje de 69,91 %.

Palabras clave: bioadsorción, plomo, cáscara de papa, modificación química.

ABSTRACT

The presence of lead in water bodies represents a great danger to the ecosystem as well as to the health of the human being, for this reason, new low-cost treatment alternatives are sought, bioadsorption with organic material is a feasible and easily acquired alternative. In this context, the present work evaluated the effect of chemical modification with citric acid to potato peel *(Solanum tuberosum)*, being an organic waste that is generated in large quantity, so that it can be used as a bioadsorbent of lead in wáter, for which laboratory-prepared lead solutions were used.

It was determined that working with 0.2 g of potato peel *(Solanum tuberosum)* chemically modified with citric acid at 0.6 M for 10 ppm of lead, better results are obtained, reaching an average of 90.08% for a contact time of 45 minutes unlike the potato peel without chemical modification that reached a percentage of 69.91%.

Keywords: bioadsorption, lead, potato peel, chemical modification.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años a nivel mundial se ha incrementado considerablemente la preocupación por los crecientes índices de contaminación por parte de metales pesados tales como el cromo, níquel, cadmio, plomo y mercurio. Dentro de los principales sectores industriales que son fuentes de contaminación de metales pesados se encuentran: la minería, industria del cemento, colorantes, galvanoplastia, producción de acero, material fotográfico, pinturas corrosivas, fabricación de textiles, conservación de la madera, entre otras. A diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales pesados no son biodegradables, o sea, generan efectos adversos debido a que tienen la posibilidad de persistir y acumularse en el ambiente y en los seres vivos (1).

El impacto ambiental generado por estas sustancias toxicas ha llevado a desarrollar diferentes métodos para su tratamiento, entre los cuales están: precipitación, oxido-reducción, intercambio iónico, filtración, tratamiento electroquímico, tecnologías de membrana y recuperación por evaporación. No obstante, dichos procedimientos han resultado bastante costosos, además de la formación, disposición y almacenamientos de lodos y desperdicios, originados a lo largo de los procesos, lo que se convierte en un problema superior a solucionar (2).

Y es ahí donde la bioadsorción entra como un método alternativo para la remoción de metales pesados en soluciones acuosas, ya que tiene diferentes ventajas entre ellas, son de bajo costo y fácil adquisición. Sin embargo, a pesar de las ventajas que presenta este método, se encuentra aún en su etapa de investigación; es por eso que este trabajo busca evaluar si la modificación química de la cáscara de papa tiene efectos positivos en la absorción de Plomo (II) en agua simulada y de tal forma contribuir con la investigación

de este nuevo método y a la vez hacer uso de material residual, ya que se busca materiales económicos y disponibles en la región con la finalidad de reducir los costos de producción.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Caracterización del problema

Actualmente el desarrollo industrial ha generado preocupación por la contaminación ambiental, entre ellos la contaminación por metales pesados, que se les considera como de importancia por su alta toxicidad a baja concentraciones, su capacidad bioacumulativa, que al ser emitidos al ambiente pueden permanecer durante cientos de años, causando daños no solo en el agua y la tierra, sino también daños a la salud humana.

El arsénico, cadmio, plomo y mercurio son considerados como contaminantes tóxicos prioritarios por sus posibles efectos carcinogénicos para los seres humanos según la Organización Mundial de la Salud y el Registro Internacional de Sustancias Potencialmente Toxicas (3).

Estos metales pesados al estar presentes en el ambiente, pueden ingresar al organismo humano mediante tres vías principales: vía respiratoria, vía digestiva y la vía percutánea (4).

En muchas ocasiones el contacto con estos metales pesados se da por las actividades laborales dentro del mismo ambiente de trabajo, por ejemplo la minería, las industrias de transformación, funciones, metalurgias, entre otros (4).

1.1.2 Formulación del problema

a. Problema general

¿Qué efecto tiene la modificación química de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) en la bioadsorción del Plomo en solución acuosa, Cusco 2021?

b. Problema específico

¿Cuál es el grado de modificación química de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) por adición de ácido cítrico, Cusco 2021?

¿Qué grado de adsorción se alcanza por modificación química de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*), Cusco 2021?

1.2 Objetivo de la Investigación

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la modificación química en la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) en la bioadsorción de Plomo en solución acuosa, Cusco 2021.

1.2.2 Objetivos específicos

Determinar el grado de modificación química de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum)* por adición de ácido cítrico, Cusco 2021.

Determinar el grado de adsorción de Plomo en la cáscara de papa (*Solanum tuberosum)* modificada químicamente, Cusco 2021.

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación e importancia de la Investigación

La contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y la aplicación indiscriminada de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, llegan a incorporarse finalmente a cuerpos de agua, a vegetales y a animales, alterando la sostenibilidad de la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en el ambiente y en la sociedad, así como problemas en la salud humana y animal (5).

El Perú, al ser un país con industrias minero-metalúrgica por excelencia, llega a tener conflictos de salud ocupacional y ambiental, por ejemplo, intoxicación por plomo, que

generalmente se presenta en aquellas regiones donde su actividad principal es la minería formal y artesanal (4).

Entre estos efectos adversos se encuentra la contaminación de aguas, tanto superficiales como subterráneas. Actualmente se busca controlar y eliminar estas sustancias en las aguas con diferentes técnicas fisicoquímicas, donde la bioadsorción es una opción factible por su menor coste y preparación; es por eso que en este proyecto se busca evaluar el efecto de la modificación química de la cáscara de papa en la bioadsorción de Plomo en solución acuosa.

Se debe recalcar que el material elegido para el desarrollo de la investigación es un residuo que se obtiene de la industria alimentaria. Hoy en día la papa representa una de las contribuciones más importantes de la región andina al mundo entero, por ser uno de los cultivos alimenticios más consumidos y apreciados (6).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Ordoñez (2017), realizo la investigación de bioadsorción de Pb y Cr usando biomasa de cáscara de papa, usándose 0,1 gramo de bioadsorbente con una partícula menor a 0.3 mm, concluyéndose que el bioadsorbente tiene buena capacidad de adsorción para Pb y Cr, como también que el tiempo de contacto varía en función de la concentración inicial, es decir, a mayor concentración, más tiempo tomará para llevar a cabo la remoción (7).

Cabrera (2017), usó la cáscara de tomate de árbol sobre iones de Pb y Cr, variando el pH y el tamaño de partícula, resultando que el bioadsorbente tiene un pH ideal de 4,0 para plomo y 2,0 para cromo, tamaño de partícula ideal menor a 0,3 mm, con un porcentaje de adsorción de 65,1% en plomo y de 52,73% para el cromo (8).

Verdugo (2017), evaluó la capacidad de bioadsorción de Pb y Cr, aprovechando el uso de cáscara de mandarina para tratar aguas con metales pesados, se determinó un pH ideal de 4,0 y con partículas óptimas menores a 0,3 mm, teniendo una eficiencia de adsorción del 71,9 % y 54,4 % respectivamente; los resultados se obtuvieron a temperatura ambiente, concluyéndose que este residuo tiene una excelente capacidad de bioadsorción para el plomo, mientras que para el cromo es menos eficiente (9).

Barrera y Esquivel (2018), hacen uso de la cascarilla de cacao modificada como bioadsorbente para la remoción del Cromo VI; se realiza la modificación del bioadsorbente con ácido cítrico (0,3 M, 0,6 M y 0,9 M), a tres tamaños de partícula diferente, la mayor capacidad de adsorción fue de 115,28 mg/g con un tamaño de partícula de 0,125-0,150 mm y tratado con ácido cítrico a 0,9 M (10).

Bustamante (2011), analizó el efecto de la modificación química con ácido cítrico a concentraciones de 0,1 M y 0,6 M de los residuos de café sobre su capacidad de adsorción de Pb y Cu, en sistema de lote y a diferentes valores de pH; los resultados de la caracterización del bioadsorbente modificado con ácido cítrico 0,6 M es mayor a comparación con la modificación a 0,1 M, con capacidad máxima de adsorción de Plomo (II) con valores de pH 4 y en Cobre (II) con valores de pH a 5, como también las pruebas de desorción demuestran la factibilidad de reutilizar el bioadsorbente (11).

Albis *et al.* (2012), determinaron la capacidad de adsorción de plomo, haciendo un estudio con la cáscara de yuca modificada con ácido cítrico, usando el tiempo y la temperatura de contacto como factores experimentales; los resultados demuestran que la cáscara de yuca modificada con ácido cítrico en la adsorción del plomo fue un éxito con un 95% a tiempo de contacto de 20 y 25 minutos a diferencia de la cáscara de yuca sin modificar que obtuvo porcentaje de 86%, incluyendo que la concentración del metal es un factor a tener en cuenta, ya que se obtiene mejores resultados y se puede llegar al tiempo de equilibrio cuando se usa bajas concentraciones de plomo (12).

2.2. Marco Conceptual

2.2.1 Metales pesados

Los metales están presentes en suelos y corrientes acuáticas como componentes naturales o como resultado de la actividad humana.

Algunos son oligoelementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas, animales y para los seres humanos, como por ejemplo, el cobre, el manganeso o el zinc (Tabla 1), aunque también pueden volverse tóxicos si superan ciertos umbrales (13).

Tabla 1: Micronutrientes y macronutrientes en los organismos vivos

Descripción	Metales
Metales que son micronutrientes esenciales	As, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, V, Zn
Metales que son macronutrientes esenciales	Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S
Metales no esenciales	Pb, Sb, Hg, Cd, Be, Ti

Nota: (10)

Los metales pesados antropogénicos derivan de residuos peligrosos procedentes de actividades industriales, minería e industria agrícola, y residuos sólidos urbanos; estos no pueden ser degradados o destruidos, sin embargo, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos, de tal forma, ser lixiviados. Algunos forman complejos solubles que son transportados y distribuidos a los ecosistemas hasta incorporarse en la cadena trófica (suelo, agua, y plantas), primordialmente aquellos procedentes de áreas contaminadas (5).

Su exposición se ha ido incrementando como resultado de sus múltiples aplicaciones industriales, domésticas, agrícolas, medias y tecnológicas, llevando así a su amplia extensión en el ambiente (14).

La inhalación y la ingesta de alimentos son dos de las causas más sobresalientes de contaminación hacia el organismo humano, así como también sus efectos tóxicos van a depender del metal y de su concentración (15).

2.2.2 Plomo

El plomo es un metal blando, de color gris azulado, toxico y acumulativo que se puede encontrar de forma natural o por actividad humana.

El plomo al ser un toxico acumulativo llega a causar enfermedades crónicas, siendo su principal mecanismo de acción su vinculación a la inhibición de las enzimas sulfhídricas, alterando los procesos hematopoyéticos y neurotóxicos (4).

Las actividades que hacen uso del plomo y a la vez generan daño al suelo, agua y atmosfera a nivel mundial son: la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación, como las baterías de plomo – ácido para los vehículos de motor; el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo, usado como antidetonante y en la actualidad (Tabla 2), gracias al fortalecimiento de la legislación para el control de emisiones contaminantes a la atmosfera. El 01 de enero del año 2005, mediante el Decreto Supremo Nª 019-98-MTC, se prohibió la comercialización de gasolina con plomo en el Perú, gracias a este Decreto Supremo, el plomo ha sido reemplazado por tecnologías de transformación del manganeso, que es un compuesto no tóxico, ayudó a elevar el octanaje sin que estas obstruyan los catalizadores, por lo tanto mejorando la calidad de la gasolina y ayudando a mermar el plomo en el aire; según Gonzales et al. (2014) en la década de los 90, podíamos encontrar 1,16 gramo de plomo por litro en la gasolina de 84 octanos (16).

Tabla 2: Principales actividades industriales que generan metales pesados

Industria	Metal	Contaminación derivada
Extracción de minerales	Pb, As, Cd, Cu, Ni, Zn	En las menas y en los subproductos
Fundición	Pb, As, Cd, Tl	Procesado del mineral para obtener los metales
Metalúrgica	Pb, Cr, Cu, Mn, Sb, Zn	Proceso térmico de metales
Aleaciones y aceros	Pb, Mo, Ni, Cu, Cd, As, Te, Zn	Fabricación, eliminación y reciclaje de metales
Gestión de residuos	Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Hg, Cr, Mn	Incineración de residuos y en lixiviados
Corrosión metálica	Pb, Fe, Cr, Ni, Co, Zn	Metales expuestos al ambiente
Baterías	Pb, Sb, Cd, Ni, Hg	Contaminación de suelo y agua por el fluido de residuos
Electrónica	Pb, Cd, Hg, Au, Cr, Ni, Mn	Residuos desde su proceso de fabricación
Agricultura y ganadería	Pb, Cd, Cr, Cu, Mo, U, V, Zn, As	Contaminación por escorrentía y bioacumulación en planta

Nota: (17).

Según la OMS en el año 2010, el plomo junto al mercurio, cadmio y arsénico se encuentran dentro de la relación de los contaminantes con mayor preocupación para la salud pública; y en 2019 el Centro Nacional de Epidemiologia, Prevención y Control de Enfermedades del MINSA, en su Vigilancia epidemiologia: Exposición a metales pesados, determina que la minería es la principal fuente de contaminación de metales pesados (18).

En muchos casos la toxicidad del plomo como también de otros metales pesados va a depender de la movilidad en el medio, conjuntamente a su especie química, persistencia y la tendencia que va a tener a su acumulación (17).

2.2.3 Situación actual en el Perú

El agua es el recurso natural renovable más apreciado e indispensable para la vida y a la vez patrimonio de la Nación. El Perú goza de privilegios gracias a la presencia de la Cordillera de los Andes, donde sus recursos hídricos superficiales, como son los lagos, lagunas, ríos, quebradas, entre otras, conforman las tres grandes vertientes de nuestra nación: la Vertiente del Pacifico, con un 21,8 % del territorio y con 62 cuencas, la Vertiente del Atlántico, con el 74,6 % del territorio y 84 cuencas en su haber, y la Vertiente del Titicaca, que consta de 3,6 % del territorio y 13 cuencas (19), siendo aproximadamente el 80 % de la población asentada en la costa y sierra, zonas donde se encuentra la mayor parte de las actividades agropecuarias, industriales y mineras (20).

Pero la calidad del agua se ha visto deteriorado los últimos años, convirtiéndose en un problema severo para el país, acortando los usos del recurso y arriesgando el abastecimiento de agua a la población, siendo las principales causas: el vertimiento de efluentes ya sea doméstico o industrial, que contienen alto contenido de sustancias peligrosas, como agroquímicos, residuos químicos, lixiviados por parte de relaves abandonados de la minería, el insuficiente tratamiento de aguas residuales domésticas y las no domésticas que provienen de la minería, manufactura, agro, etc. (20).

Según DIGESA (2009), de las 253 autorizaciones de vertimientos, que representan el 100 %, un 38 % provenían del sub sector minero, siendo el más alto; para seguir con el 31% del sub sector pesquero, el sub sector hidrocarburos con un 15 %; en el sub sector industrial se tuvo un 9 % y el 7 % de los sub sectores saneamiento, construcción, energía y pecuario (20).

Se sabe que el Perú posee un gran potencial geológico, recursos mineros metálicos y no metálicos gracias a nuestra ubicación geográfica, por lo que goza de una larga tradición

minera en América Latina y en el mundo, siendo el segundo productor de cobre y plata a nivel mundial, mientras que en América Latina ocupa el primer lugar en la producción de oro, zinc, plomo y estaño; a la vez, gozamos de las mayores reservas de plata del mundo y se ubica a nivel mundial en el tercer lugar en las reservas de cobre, zinc y molibdeno (Tabla 2) (14).

Tabla 3: Posición del Perú en el ranking mundial de producción minera

Producto	**Latinoamérica**	**Mundo**
Plomo	1	4
Cobre	2	2
Oro	1	8
Zinc	1	3
Plata	2	2
Estaño	1	4
Molibdeno	2	4

Nota: (21).

La minería en el Perú forma parte de los sectores más importante de nuestra economía, ya que dentro de los últimos diez años ha impulsado en promedio, aproximadamente el 10 % del PBI nacional, contribuyendo con el 60 % de las exportaciones nacionales y figurando un 23 % en la inversión extranjera directa (21).

El sector minero se divide en tres categorías que se van a identificar por el área total concesionada del titular, el tipo y la magnitud de las actividades que se realiza (21).

La gran minería, que comprende operaciones de exploración, extracción, concentración, fundición, refinación y embarque, son altamente mecanizadas y a tajo

abierto; la mediana minería, que opera desde el subterráneo, pero limitan sus operaciones a la extracción y concentración de minerales; la pequeña minería se dedica a la actividad aurífera subterránea aluvial, a la extracción y el procesamiento de minerales no metálicos, y la minería artesanal, donde principalmente utilizan métodos manuales o también equipos básicos, operando en la informalidad (14). En el año 2007 se realizó un estudio de Investigación de la Minería Ilegal en el Perú, hecha por el Instituto de Ingenieros de minas del Perú, donde reportaron que un aproximado de 300 000 personas eran directa o indirectamente dependientes de la minería artesanal e informal (20).

Al cierre del 2020, el Ministerio de Energía y Minas tiene registrado a 2592 en la categoría de gran y mediana minería, que cuentan con más de 2000 ha; 3561 en pequeña minería, con un máximo de 2000 ha, y 4890 en minería artesanal que poseen hasta las 1000 ha, haciendo un total de 11 043 titulares mineros (21).

Como ya se mencionó anteriormente, el Perú al ser un país rico en recursos minerales se encuentra dentro de los cinco mayores productores en el mundo. En el mes de enero de 2020 la producción nacional de plomo reportó un incremento de 6,0 % con respecto al mismo mes del año anterior, (Tabla 2) siendo la región de Pasco la que ocupa el primer lugar con 32,3 %, seguidos de Lima con 18,7 % y en tercer lugar la región de Junín con 12,8 % de participación (Tabla 3) (22).

Tabla 4: Producción minera metálica

Producto	**2016(TMF)**	**2017(TMF)**	**2018(TMF)**	**2019(TMF)**	**2020(TMF)**
Plomo (TMF)	314 422	306 784	289 123	308 116	241 548

Nota: TMF: Toneladas Métricas Fina (21).

Tabla 5: Producción minera de Plomo según región

Región	2018 (TMF)	2019 (TMF)	2020 (TMF)
PASCO	92 642	100 487	78 330
LIMA	50 550	52 202	46 818
JUNIN	45 490	45 445	28 537
ANCASH	26 154	27 465	25 669
AREQUIPA	22 111	26 098	19 734
ICA	14 789	14 446	14 472
HUANCAVELICA	12 667	15 955	14 432
AYACUCHO	3019	7224	5438
CUSCO	1214	1084	4302
HUANUCO	20 059	16 852	3634
PUNO	428	859	182
TOTAL (TMF)	**289 123**	**308 116**	**241 548**

Nota: (21).

Si bien la actividad minera es el principal contribuyente al PBI nacional, diferentes regiones del Perú se encuentra en constante exposición a la contaminación ambiental por parte de la explotación minera ya sea formal o artesanal, siendo la minería ilegal el que causa daños a los ecosistemas y a la salud poblacional; sin embargo, se continúa dando impulsos para su formalización a través del Decreto Supremo Nº 045-2010-PCM, Comisión Técnica Multisectorial para la elaboración y seguimiento de la implementación del Plan Nacional para la Formalización de la Minería Artesanal (20), de tal forma puedan realizar sus actividades cuidando al ambiente y la vida de la población (21).

A esto se debe incluir la generación de los pasivos ambientales que son riesgos potenciales para la salud poblacional y para el ecosistema, aparte de que se generan frecuentemente conflictos sociales ya sea por las afectaciones a la población influenciada por la minería o por la limitada responsabilidad social por parte de algunas empresas; no obstante, estos pasivos ambientales están regulados gracias a la Ley Nº 28271 y su reglamento, incluyendo también a la Resolución Ministerial Nº 371-2010-MEM-DM y la Resolución Ministerial Nº 471-2010-MEM-DM, dada por el Ministerio de Energía y Minas (20).

En el año 2008 se promulga la Ley Nº 28611, la Ley General del Ambiente, donde toma como base al Código del Medio Ambiente y Recursos Naturales (CMARN) promulgada en el año 1990, para la sistematización de las normas y así establecer los deberes, derechos y principios fundamentales de protección al ambiente: 1) derecho y deber que toda persona tiene a vivir en un ambiente saludable, 2) derecho de acceso a la información, 3) derecho a la participación en la gestión ambiental, 4) derecho de acceso a la justicia ambiental, 5) principio de sostenibilidad, 6) principio de prevención, 7) principio precautorio, 8) principio de internalización de costos, 9) principio de responsabilidad ambiental, 10) principio de equidad y 11) principio de gobernanza ambiental (23).

También se incluye un Decreto de Urgencia Nº 012-2010-MINAM para el ordenamiento de la minería aurífera en Madre de Dios, pasando a ser de carácter permanente mediante la Resolución Nº 027-2010-MP-FN-JFS con el fin de prevenir e investigar delitos ambientales por temas de alta repercusión delictiva (20).

2.2.4 Efectos del plomo en el ser humano

Los efectos en la salud que vienen a consecuencias de la exposición al plomo, ya sea dentro del ambiente laboral o en áreas aledañas a las zonas contaminadas, han sido ampliamente estudiados (24).

Se le considera al plomo como un contaminante ambiental importante, ya que es un tóxico acumulativo, que no puede ser metabolizado por el organismo; se le atribuye varios efectos negativos, dependiendo a su exposición como también a las características de la persona expuesta. Una vez que llegue al organismo, se distribuye en tres sitios: sangre; tejidos blandos como el riñón, médula ósea, hígado y cerebro, y el tejido mineralizado que son los huesos y los dientes (Figura 1), bioacumulándose tanto en adultos como niños (24), siendo el más crítico para el feto en desarrollo y en niños que para los adultos, a la vez que el plomo actúa como sustituto del calcio (25).

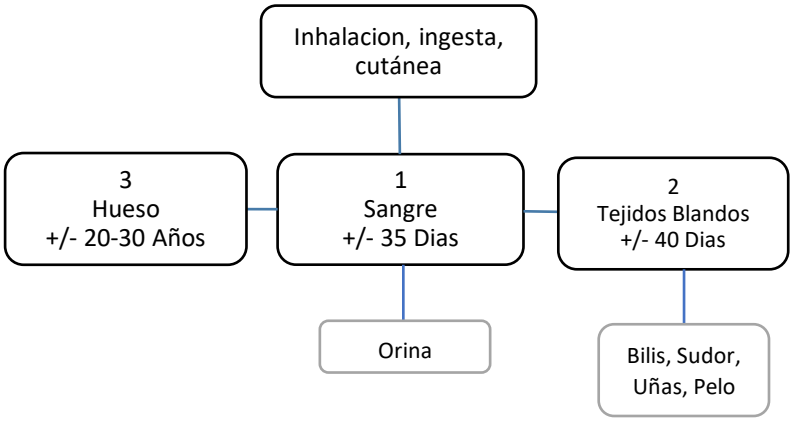


Figura 1: Distribución del plomo en los tres compartimientos, (28).

Como ya se mencionó los niños también son vulnerables a los efectos tóxicos del plomo, incluso estando a bajos niveles de exposición puede llegar a causar daños neurológicos graves y en algunos casos irreversibles (18). Varios estudios concuerdan

que su exposición durante la infancia produce déficit de atención, desordenes de hiperactividad, problemas para la lectura y expresión verbal (24).

En cuanto a la exposición ocupacional, Poreba e*t al.* (2011) afirma que en los adultos produce el incremento del colesterol total, colesterol LDL, triglicéridos, a la vez que existe una disminución del colesterol HDL (24).

Los individuos expuestos al plomo pueden presentar incremento de la presión sanguínea, daño en los riñones, abortos, perturbaciones en el sistema nervioso, disminución de la fertilidad masculina, reducción del aprendizaje y perturbaciones en el comportamiento de los niños (26), pero estos efectos van a ir de la mano a la sensibilidad de cada individuo y a la concentración del plomo en el organismo (24).

Diferentes estudios reportan que cuando existe intoxicación por plomo, los síntomas van desde la irritabilidad, disminución de la actividad lúdica, encefalopatía, alteraciones en el sueño, anorexia, hasta llegar a casos de coma e incluso la muerte (Figura 2) (24).

Evidencias registradas por la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC), demuestran que el plomo debe ser considerado como un probable carcinógeno humado, por la cantidad de casos estudiados de carcinogenicidad en animales y humanos (24).

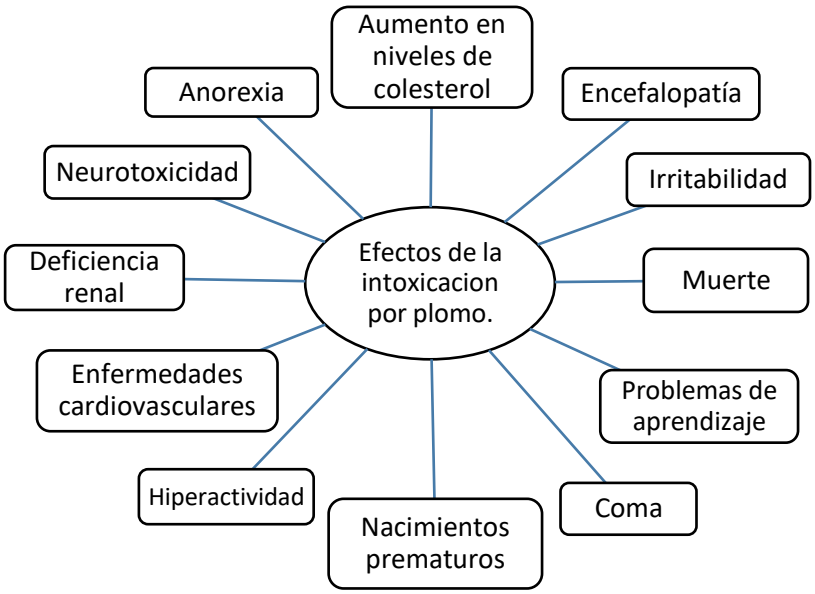


Figura 2: Efectos principales por intoxicación con plomo (24).

El mecanismo de toxicidad del plomo empieza al ingresar al organismo mediante el sistema respiratorio, que ha sido ingerido hacia el tracto gastrointestinal y la absorción percutánea y llega a la perturbación enzimática en los procesos celulares (28).

2.2.5 Métodos de remoción de metales pesados en solución acuosa

Durante todos estos años se utilizaron diferentes métodos para la remoción de metales pesados, siendo las principales técnicas de eliminación de iones metálicos en aguas: la bioadsorción, electrodiálisis, osmosis inversa, precipitación química, microfiltración y ultrafiltración, electro oxidación, electrodeposición y la fitorremediación (7).

2.2.6 Bioadsorción

La bioadsorción es un proceso por el cual ciertos tipos de materiales de origen natural, verbigracia, cáscara de frutas, productos agrícolas, algas, hongos y bacterias, tienen la capacidad de retener y concentrar en su superficie sustancias y compuestos de diversa naturaleza química presentes en disoluciones acuosas, entre ellas tenemos a los metales pesados (27).

La ventaja del uso de este método es que a comparación con otras técnicas, es su bajo costo, fácil adquisición, alta eficiencia y según investigaciones realizadas, hay la posibilidad de recuperación del metal (2).

En el proceso de bioadsorción hay dos fases, la fase sólida que es la biomasa (bioadsorbente) y la fase líquida (agua simulada como solvente) que lleva el metal que se pretende eliminar (biosorbato) (29).

Gracias a la presencia de lignina y de grupos funcionales, estos materiales residuales pueden ser considerados adsorbentes, ya que llegan a interactuar con iones metálicos, facilitando su remoción, como Pb (II), Cu (II), Cd (II), Zn (II) y Ni (II) (30).

2.2.7 Los bioadsorbentes

Los materiales bioadsorbentes son aquellos materiales biológicos que exhiben afinidad por los metales pesados incluso en soluciones acuosas diluidas. Diferentes tipos de bioadsorbentes han sido utilizados en la remoción de metales pesados, incluyendo a los residuos agroindustriales (plantas, hojas, granos, etc.) (Tabla 6) (1).

Tabla 6: Capacidad de bioadsorción (mmol/g)

Tipo	Material	Fuente	Cd	Pb	Cu
Residuos agrícolas	Cáscara de arroz	(31)	0,19	0,06	-
	Pulpa de betabel	(32)	0,17	0,36	0,33
	Té verde	(33)	-	0,09	-
	Residuo de granos de café	(34)	0,02	-	0,03
	Cáscara de café	(35)	0,06	-	0,12
	Cenizas de cáscara de arroz	(3)	-	27,6	-

Nota: (1).

2.2.8 Ventajas y desventajas de la bioadsorción

La bioadsorción al igual que otros métodos de remoción de metales pesados va a tener ventajas como también desventajas (Tabla 7).

Tabla 7: Ventajas y desventajas de la bioadsorción

Ventajas	Desventajas
Es un método de bajo costo.	Puede disminuir su eficacia si existe otro compuesto en el agua.
Presenta una elevada eficacia.	La selección de los materiales bioadsorbentes, debe estar dada a su disponibilidad.
Es posible la regeneración de algunos bioadsorbentes, pudiendo usarse en varios ciclos.	Existen técnicas convencionales conocidas y usadas ampliamente, dificultando su sustitución.
Permite la recuperación del metal.	Se encuentra en etapa de investigación ya que no todos los materiales van a tener la capacidad de absorción.

Nota:(2).

2.2.9 Caracterización de los bioadsorbentes

Prueba granulométrica, se realiza con la finalidad de obtener rangos de diferente tamaños en milímetros (mm) que van a ser requeridas para el trabajo, ya que a menor tamaño de partícula existe un mayor número de centros activos disponibles para la adsorción (9).

pH , para medir el pH de la muestra se utilizará 10 g de Muestra en 90 mL de agua destilada con agitación constante, se hará uso del pH-metro (9).

Densidad aparente y real, se utilizará el procedimiento aplicado por Castillo (2005), para la densidad aparente pesar una probeta vacía de 10 mL, agregar el material adsorbente hasta los 10 mL, golpear levemente hasta que se compacte y pesar la probeta con la muestra. Para la densidad real, pesar picnómetros, usar 2 g del material adsorbente, colocar en el picnómetro y pesar nuevamente, llenar con agua destilada y desalojar el aire y volver a pesar (7).

Porosidad, se usará la fórmula dada por Castillo (2005), con el uso de la densidad aparente y la densidad real, calculados anteriormente (7).

2.2.10 Proceso de bioadsorción

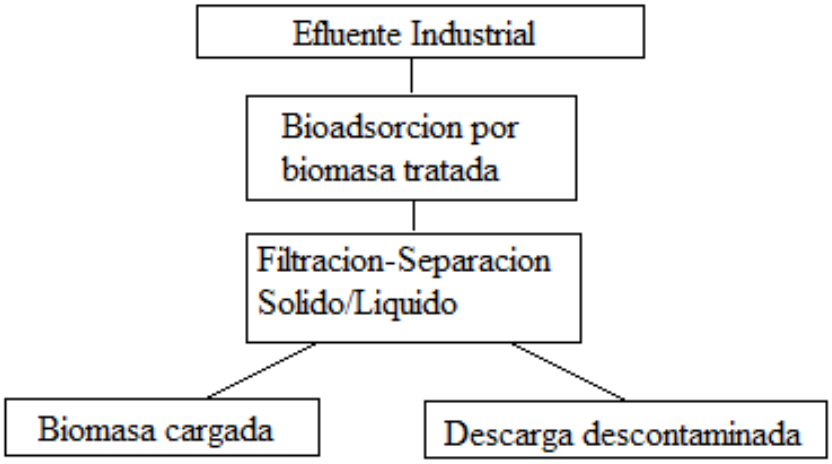


Figura 3: Bioadsorción en soluciones acuosas por biomasa, (36).

2.2.11 Modificación química y física de algunos bioadsorbentes

Los residuos orgánicos contienen material lignocelulósicos, que van a estar formados por la celulosa, hemicelulosa, pectina y la lignina. Gracias a varios trabajo se puede decir que estos materiales son buenos en su función de bioadsorción; sin embargo, existe la posibilidad de que se pueda aumentar su capacidad de bioadsorción mediante la modificación química (2).

Tabla 8: Ejemplos de modificación en bioadsorbentes

Modificación	Generalidades
Ácido cítrico	La pulpa de papel fue modificada con dos concentraciones de ácido cítrico a 0,5 M y a 1 M; se colocaron en contacto a 300 rpm durante 90 min a 90°C. La capacidad de adsorción se incrementó después de la modificación en 35% con 0,5 M y un 82% para 1 M.
HCl NaOH KOH	La corteza de la madera fue modificada con diferentes agentes (HCl, NaOH, KOH) a 0,1 N. La madera modificada presentó los siguientes porcentajes de remoción NaOH (98%), KOH (96%) y HCl (85%).
Biopolímeros	La quitina es un biopolímero natural y abundante que se extrae de las conchas de los crustáceos.
Glutaraldehído	Se realizó la modificación química al quitosano, logrando un porcentaje de remoción de 98,4% para la adsorción de Plomo.

Nota: (2).

2.2.12 Papa (*Solanum tuberosum)*

La papa (*Solanum tuberosum*) es una especie de la familia Solanácea, en la cual también se incluye al tabaco, tomate, berenjena y pimiento; es un alimento muy nutritivo que desempeña funciones energéticas debido a su alto contenido de almidón, así como también de funciones reguladoras del organismos por su elevado contenido de vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra (37).

Hoy en día, la papa representa una de las contribuciones más importantes de la región andina, por ser uno de los cultivos alimenticios más consumidos y apreciados en todo el mundo.

El Perú cuenta con la mayor cantidad de variedades de papa del mundo, con más de 3 500 variedades, siendo uno de los mayores aportes alimentarios del Perú hacia el mundo (38).

Según Minagri, el Perú se mantuvo como el principal productor con una producción anual de 5,3 millones de toneladas consignadas en el 2019 a nivel América Latina y a nivel mundial el Perú se encuentra en el puesto número 14 como productor de este tubérculo (39).

Se tiene como principales regiones productoras a Puno, Cajamarca, Cusco, Ancash, Huánuco, Huancavelica, Junín, La Libertad, Apurímac y Ayacucho (39).

2.2.13 Producción de papa en el Perú

Siendo la papa el principal cultivo del país, representando el 25% del PBI en el sector agropecuario, adaptado a diferentes condiciones climáticas y de suelos, a la vez siendo base de alimentación de varias regiones del país, su producción ha tenido crecimientos positivos a lo largo de los años 2015 a 2019, como se puede observar en la siguiente tabla (6).

Tabla 9: Producción anual de papa en el Perú

Año	Producción (Miles Ton.)
2015	4 715,9
2016	4 514,2
2017	4 776,3
2018	5 131,5
2019	5 331,1
Tasa de crecimiento promedio anual	**2,2 %**

Nota: (40).

Tabla 10: Nivel de producción y rendimiento por región

Región	Producción (Toneladas)			
	2017	**2018**	**2019**	**% Participación 2019**
Puno	743	798	839	15,6%
Huánuco	668	644	717	13,3%
La Libertad	467	497	542	10,1%
Cusco	388	394	440	8,2%
Apurímac	412	438	415	7,7%
Junín	366	395	395	7,3%
Ayacucho	310	425	369	6,8%
Cajamarca	289	356	347	6,4%
Arequipa	337	329	338	6,3%
Huancavelica	262	242	329	6,1%
Pasco	176	165	171	3,2%
Lima	88	123	143	2,6%
Ica	129	118	134	2,5%
Áncash	77	90	101	1,9%
Amazonas	53	69	71	1,3%
Piura	19	16	22	0,4%
Tacna	8	10	8	0,1%
Moquegua	7	7	7	0,1%
Lima Metropolitana	1	1	1	0,0%
Lambayeque	5	4	1	0,0%

Nota: (40).

CAPÍTULO III: MÉTODO Y MATERIALES

3.1. Hipótesis

3.3.1. Hipótesis de investigación

Hipótesis nula

La modificación química de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum)* no tiene un efecto positivo en la bioadsorción del Plomo, Cusco 2021.

Hipótesis alterna

La modificación química de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum)* tiene un efecto positivo en la bioadsorción del Plomo, Cusco 2021.

3.3.2. Hipótesis específicas

La adición del ácido cítrico en la cáscara de papa (*Solanum tuberosum)* produce modificación química, Cusco 2021.

La modificación química de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum)* tiene un efecto positivo en la adsorción del Plomo, Cusco 2021.

3.2. Variables de la investigación

Tabla 11: Variables y Operacionalización

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	UNIDADES
VARIABLE INDEPENDIENTE: Modificación química de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum).*	Modificación química Dosis optima de ácido cítrico.	• Masa de ácido cítrico/ masa de cáscara de papa. • Tiempo de contacto.	• (g/g) • minutos

VARIABLE DEPENDIENTE: Bioadsorción del Plomo con la cáscara de papa (*Solanum tuberosum)* modificado químicamente.	Bioadsorción de Plomo en solución acuosa.	• Masa de Plomo bioadsorbido / Masa de cáscara de papa. • Tiempo de contacto.	• (g/g) • minutos

Nota: Elaboración propia.

3.3. Desarrollo experimental

Para poder lograr con el objetivo principal se aplicó una serie de pasos que se da a conocer a continuación:

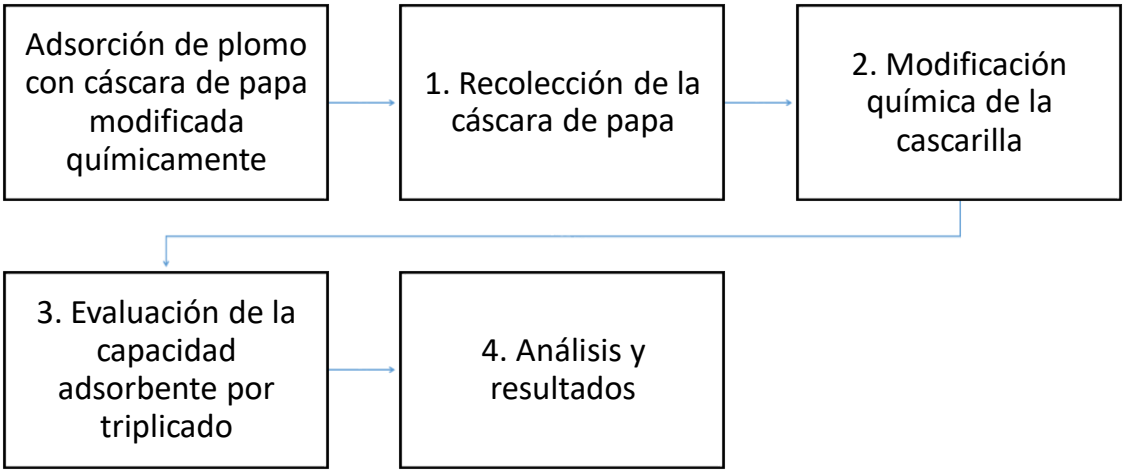


Figura 4: Desarrollo experimental de la investigación, elaboración propia

3.3.1. Materiales e instrumentos de investigación

Materiales

- Cáscara de papa
- Vasos precipitados de: 10, 50 y 250 mL
- Matraces
- Fiolas de 10 mL y 25 mL
- Balón de aforo de 100 mL

- Mortero
- Embudos de vidrio
- Tamiz con granulometría de 0,3 mm
- Pipetas graduadas
- Micropipetas
- Propipeta
- Lunas de vidrio
- Botellas de plástico
- Frascos de vidrio ámbar

Reactivos

- Ácido cítrico
- Nitrato de plomo
- Agua destilada

Instrumentos

- Estufa
- Conductímetro
- Espectrofotómetro uv-vis
- Balanza analítica
- Medidor de pH

3.3.2. Adquisición de la muestra

Para este trabajo de tesis se utilizó 3 kg de cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) que fueron recolectadas de la pollería Villa Chicken, ubicada en el distrito de Wánchaq, provincia de Cusco, departamento de Cusco.

Figura 5: Cáscara de papa recolectada

3.3.3. Pretratamiento

Se escogió aquellas cáscaras que presentan menor deterioro, tomando 500 g de cáscara de papa, la cual fue sometida a varios ciclos de lavado con agua destilada hasta alcanzar la completa remoción de material orgánico flotante y obtener una solución incolora; luego se procedió a secarlo en una estufa a una temperatura de 37°C durante 24 horas.

Figura 6: Muestra de cáscara de papa secada

Posteriormente con nuestra cáscara de papa seca y lavada se procedió a moler en un mortero para su posterior tamizaje con granulometría de 0,3 mm

Figura 7: Trituración de la cáscara de papa lavada y secada

3.3.4. Modificación química

La modificación química que se realizó a la cáscara de papa fue similar a la propuesta por Barrera & Esquivel (2018), donde plantea una relación de 30 g de la muestra con 250 mL de ácido cítrico; para este trabajo se puso en contacto 5 g de cáscara de papa con 40 mL de ácido cítrico a 0,6 M, para luego ser calentados en la estufa a una temperatura de 30 °C por un periodo de 1 hora.

Figura 8: Estufa usada a temperatura de 30°C

A continuación, se llevó a cabo la filtración por gravedad de la cáscara de papa modificada químicamente, para luego proceder con su respectivo lavado con agua destilada; seguidamente se introdujo nuestra cáscara de papa en una estufa a una temperatura de 50 ° C por un tiempo de 2 horas para su correspondiente secado.

Figura 9: Filtración por gravedad

3.3.5. Preparación de agua sintética

Se preparó la solución de Plomo utilizando una solución inicial de Nitrato de plomo a 50 ppm, se hizo uso de una pipeta de tal forma así obtener 100 mL de Plomo (II) a una concentración de 10 ppm.

Tabla 12: Preparación de agua sintética

Nitrato de Plomo			
CONCENTRACIÓN INICIAL (ppm)	**CONCENTRACIÓN REQUERIDA (ppm)**	**VOLUMEN REQUERIDO (mL)**	**VOLUMEN FINAL (mL)**
50	10	100	20

Nota: Elaboración propia.

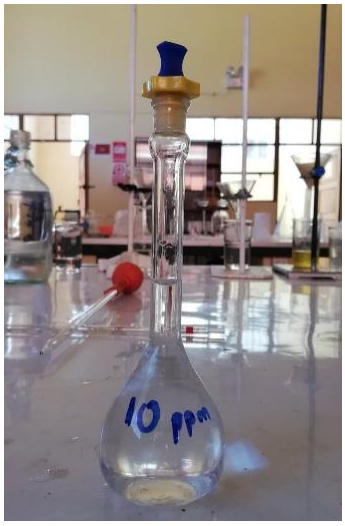


Figura 10: Nitrato de Plomo a concentración de 10 ppm

3.3.6. Pruebas de adsorción

Para saber si la modificación química de la cáscara de papa (Solanum tuberosum) tiene un efecto positivo en la bioadsorción del Plomo, se realizó diferentes pruebas de adsorció, con la cáscara de papa modificada con ácido cítrico, por triplicado, y cáscara de papa sin modificar; para eso se pesaron 0,2 g de nuestras muestras, poniéndose en contacto con 10 mL de solución de plomo (II) a temperatura ambiente y agitación constante en un periodo de 10 min, 20 min, 30 min, 40 min y 45 min.

Tabla 13: Diseño experimental

Nº de muestra	Cáscara de papa	Tamaño de partícula	Tiempo de contacto
1	SM	0,3 mm	10 min
2	SM	0,3 mm	20 min
3	SM	0,3 mm	30 min
4	SM	0,3 mm	40 min
5	SM	0,3 mm	45 min
6	CM	0,3 mm	10 min
7	CM	0,3 mm	20 min
8	CM	0,3 mm	30 min
9	CM	0,3 mm	40 min
10	CM	0,3 mm	45 min

Nota: Elaboración propia.

Figura 11: Pruebas de bioadsorción

Pasado su tiempo de contactos respectivos, se llevó a realizar el análisis para conocer la concentración final de las pruebas experimentales, usándose la técnica de Espectrofotometría uv-vis y la Espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente, marca Perkin Elmer, modelo ICP 4300 DV, con la que es posible determinar de forma cuantitativa elementos a niveles traza y ultra traza.

La técnica usada de Espectrofotometría uv-vis, es un metodo que usa la radiación electromagnética de las regiones visible y ultravioleta cercano que están a una longitud de onda de entre 380 nm y 780 nm. Dicha técnica se utiliza de manera común en los laboratorios de química para la determinación de pequeñas cantidades de ciertas sustancias que generan complejos coloreados, los cuales pueden ser determinados cuantitativamente a una longitud de onda determinada.

Figura 12: Espectrofotómetro UV-VIS (510 λ)

Para la obtención de resultados mediante esta técnica se consignó el siguiente procedimiento:

Se sacó 4 mL de las muestras de agua que fueron trasvasados a una pera de decantación, a la cual se le añadió 6 gotas de citrato de amoniacal y posteriormente se adicionó 1.25 mL de solución de cloroformo-di tizona, se procedió a la agitación de nuestra pera de decantación hasta la formación del complejo hidrófobo rojo.

Finalmente, se procede a separar nuestra fase rojiza a un tubo de ensayo y se le afora con 6 mL de cloroformo para su lectura de transmitancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 510 nm; este procedimiento se repitió para las cinco muestras de bioadsorción con cáscara de papa modificada químicamente.

Figura 13: Adición del **cloroformo**-di tizona

3.3.7. Disposición del bioadsorbente utilizado

Después de realizar la bioadsorción del plomo usando cascara de papa modificada químicamente, se manipuló el absorbente como un residuo peligroso, según la Resolución Legislativa N° 26234, Convenio de Basilea, donde el recipiente que se usó es retornable, de material impermeable, liviano y resistente.

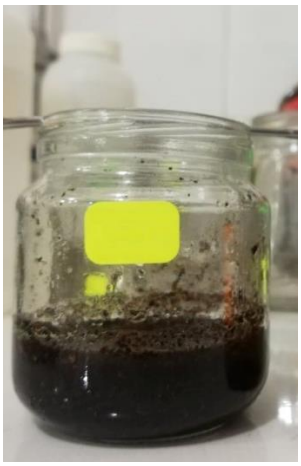


Figura 14: Envase utilizado para la disposición del bioadsorbente

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Caracterización del bioadsorbente

Se determinaron los parámetros, haciendo una comparación de la cáscara de papa modificada con ácido cítrico y sin modificación.

Tabla 14: Caracterización del bioadsorbente

Parámetro	Cáscara de papa	
	Sin modificación química	Con modificación química
pH	6,8	4,2
Tamaño de partícula	0,3 mm	0,3 mm
Densidad aparente	0,8190 g/mL	0,9072 g/mL
Densidad real	1,4013 g/mL	1,8614 g/mL

Nota: Elaboración propia.

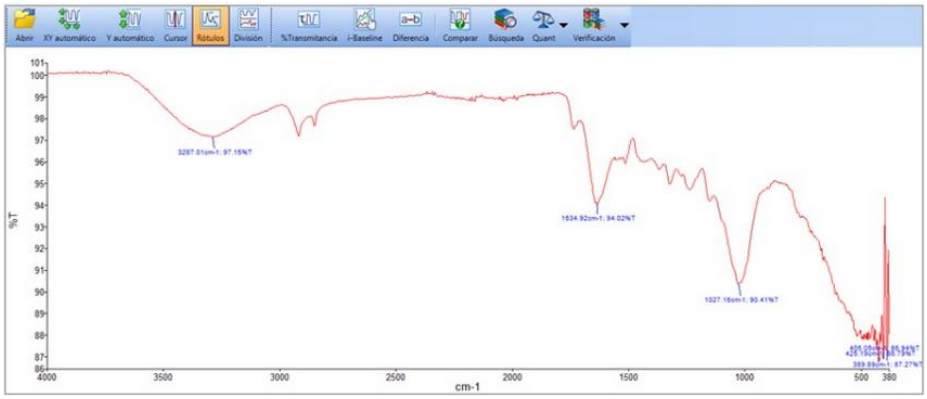


Figura 15: Espectro FTIR de Cáscara de papa sin modificación

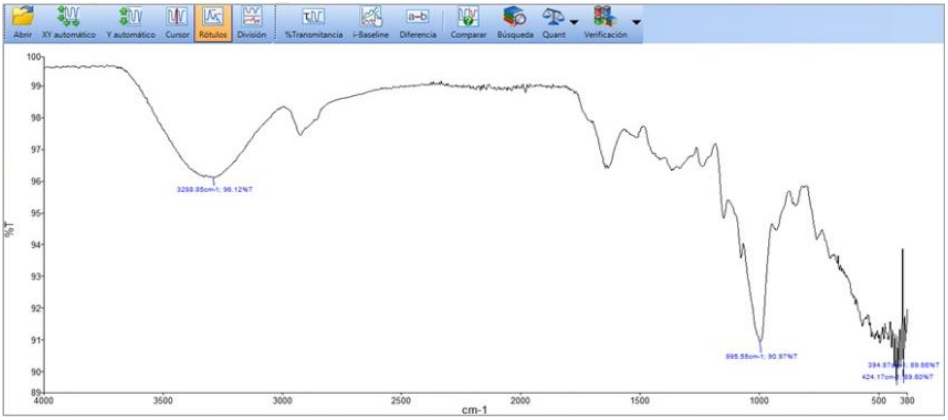


Figura 16: Espectro FTIR de Cáscara de papa con modificación

Mediante el análisis de espectroscopia infrarroja (FTIR), identificamos los grupos funcionales presente en la cáscara de papa preparadas para su uso como bioadsorbente.

Se obtuvieron dos espectros de las muestras estudiadas, estos fueron cáscara de papa y cáscara de papa modificada con ácido cítrico.

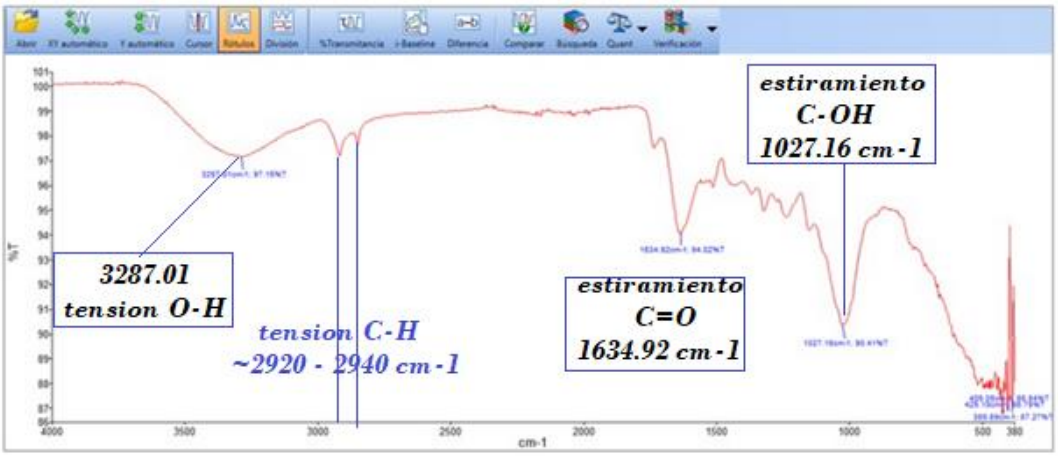


Figura 17: Análisis del espectro FTIR de Cáscara de papa sin modificación

El pico amplio e intenso en 3287 cm-1 corresponden a vibraciones de estiramiento de enlaces –OH de alcoholes, fenoles, y ácidos carboxílicos presentes en la pectina, celulosa, hemicelulosa y lignina de la cáscara de papa.

Entre 2920 cm-1 y 2940 cm-1 aproximadamente, observamos la aparición de dos picos poco pronunciados correspondientes a la tensión de C-H presentes en la celulosa de grupo metileno y metilo.

En el pico de 1634.92 cm-1 del espectro, evidenciamos las vibraciones de estiramiento del enlace C=O del grupo carbonilo presentes en los grupos carboxilo (-COOH, -COOCH3) de la pectina, hemicelulosa y la lignina.

En 1027.16 cm-1 se podría atribuir a la vibración de estiramiento de enlaces C-OH de los ácidos carboxílicos.

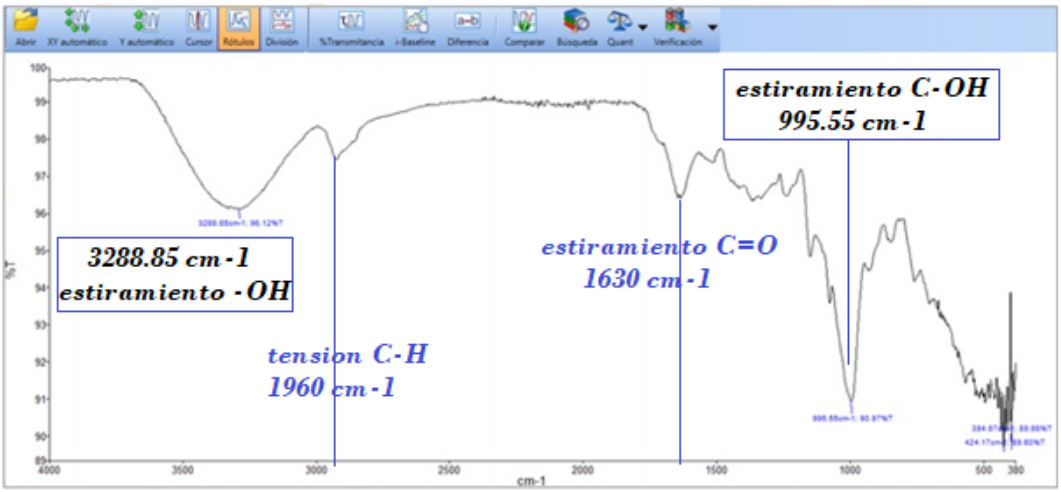


Figura 18: Análisis del espectro FTIR de Cáscara de papa con modificación

El pico amplio e intenso en 3288.85 cm-1 corresponden a vibraciones de estiramiento de enlaces –OH de alcoholes, fenoles, y ácidos carboxílicos presentes en la pectina, celulosa, hemicelulosa y lignina de la cáscara de papa.

La banda presente en 1960 cm-1 aproximadamente, observamos la aparición del pico poco pronunciado correspondiente a la tensión de C-H presentes en la celulosa de grupo metileno y metilo.

En el pico de 1630 cm-1 del espectro, evidenciamos las vibraciones de estiramiento del enlace C=O del grupo carbonilo presentes en los grupos carboxilo (-COOH, -COOCH3) de la pectina, hemicelulosa y la lignina.

En 995.55 cm-1 se podría atribuir a la vibración de estiramiento de enlaces C-OH de los ácidos carboxílicos.

Esta información confirma los resultados respecto al grado de modificación química de la cáscara de papa con el uso del ácido cítrico, se puede deducir que los grupos funcionales presentes en la cáscara de papa corresponden a compuestos de lignina y celulosa, las cuales van a posibilitar la interacción con los metales pesados disueltos, siendo esta interacción aun mayor gracias a la

modificación química que se realizó con el ácido cítrico, obteniéndose mejores resultados para la bioadsorción del plomo.

4.2 Capacidad de adsorción

Para saber la capacidad de adsorción de la cáscara de papa modificada químicamente, se usó 0,2 g de la muestra a diferentes tiempos de contacto con 10 mL de Plomo (II) a concentración de 10 ppm, realizado por triplicado:

Tabla 15: Primera prueba experimental, Cascara de papa modificada químicamente

Tiempo de contacto	%T	Concentración Inicial	Concentración Final	Cantidad Adsorbida	% Bioadsorción
10 min	31	10	4,79	5,21	**52,10**
20 min	45,6	10	2,41	7,59	**75,90**
30 min	47,06	10	2,18	7,82	**78,20**
40 min	49,3	10	1,81	8,19	**81,90**
45 min	51	10	1,53	8,47	**84,70**

Nota: Elaboración propia.

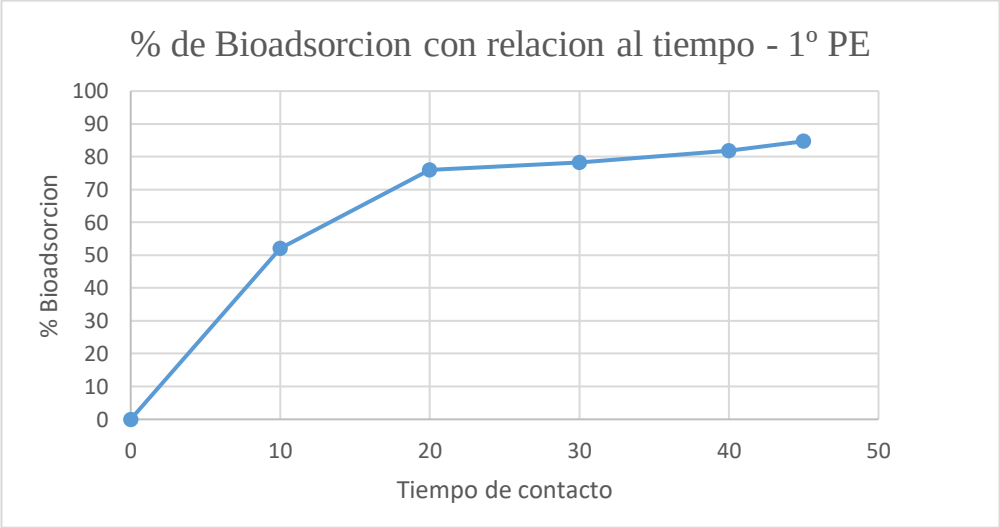


Figura 19: % de bioadsorción, primera prueba experimental

Tabla 16: Segunda prueba experimental, Cascara de papa modificada químicamente

Tiempo de contacto	Concentración Inicial	Concentración Final	Cantidad Adsorbida	% Bioadsorción
10 min	10	3,941	6,059	**60,59**
20 min	10	2,976	7,024	**70,24**
30 min	10	2,823	7,177	**71,77**
40 min	10	1,847	8,153	**81,53**
45 min	10	1,445	8,555	**85,55**

Nota: Elaboración propia.

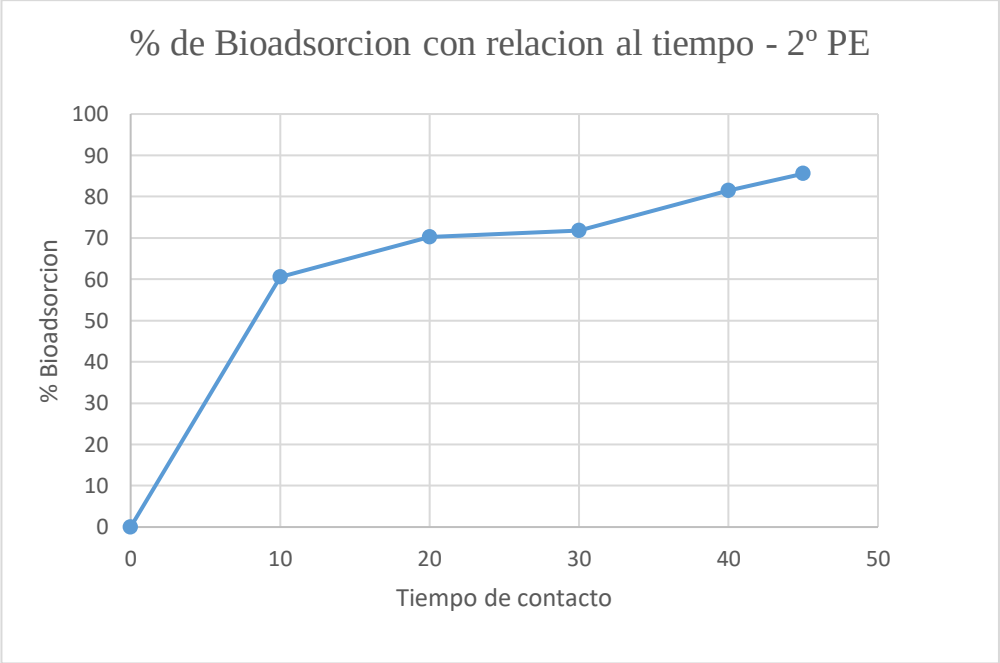


Figura 20: % de bioadsorción, segunda prueba experimental

Tabla 17: Tercera prueba experimental, Cascara de papa modificada químicamente

Tiempo de contacto	Concentración Inicial	Concentración Final	Cantidad Adsorbida	% Bioadsorción
10 min	10	2,462	7,538	**75,38**
20 min	10	1,539	8,461	**84,61**
30 min	10	1,070	8,930	**89,30**
40 min	10	0,292	9,708	**97,08**
45 min	10	0,002	9,998	**99,98**

Nota: Elaboración propia.

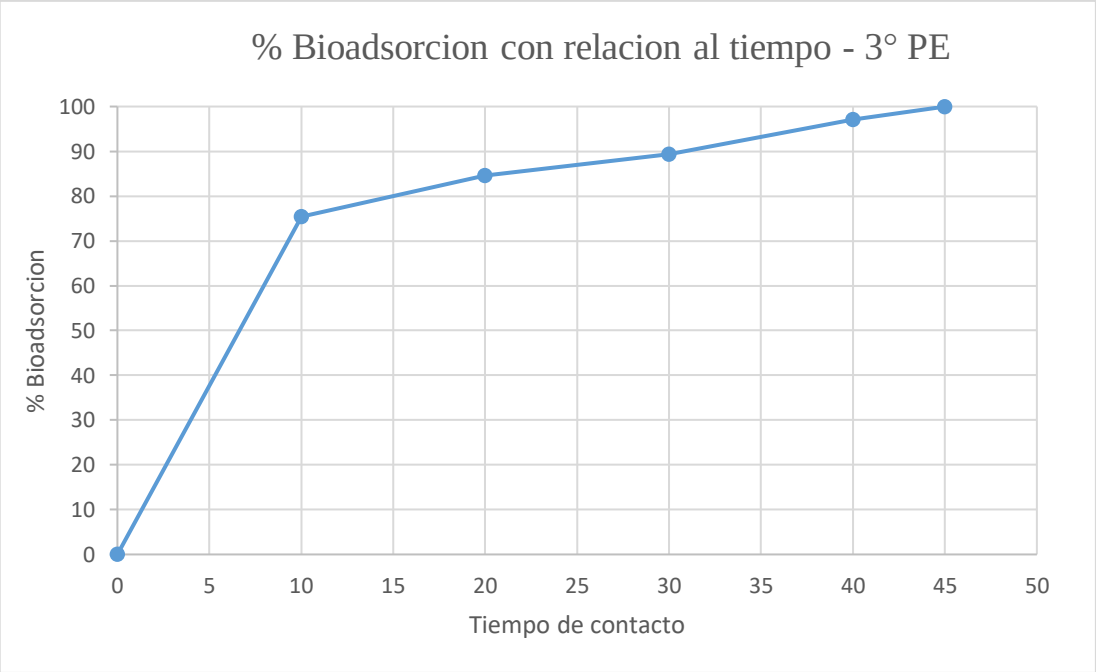


Figura 21: % de bioadsorción, tercera prueba experimental

Se sacó un promedio de las tres pruebas experimentales realizadas con anterioridad, dando como resultado:

Tabla 18: Promedio de plomo adsorbido (ppm)

TIEMPO DE CONTACTO	CONCENTRACION FINAL DE PLOMO (PPM)			
	1 PRUEBA	2 PRUEBA	3 PRUEBA	PROMEDIO
10 min	52,1	60,59	75,38	62,69
20 min	75,9	70,24	84,61	76,92
30 min	78,2	71,77	89,30	79,76
40 min	81,9	81,53	97,08	86,84
45 min	84,7	85,55	99,98	90,08

Nota: Elaboración propia.

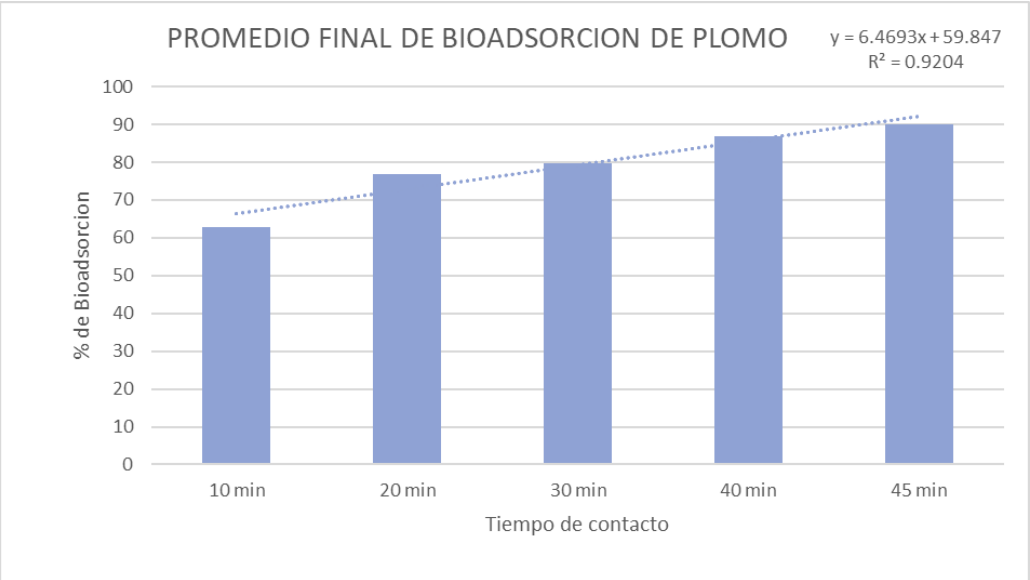


Figura 22: Promedio final de plomo adsorbido

Finalmente, se realizó una prueba experimental con cáscara de papa sin modificación para así evaluar si hay algún efecto positivo en la modificación química, teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 19: Prueba experimental con cáscara de papa sin modificar

Tiempo de contacto	Concentración Inicial	Concentración Final	Cantidad Adsorbida	% Bioadsorción
10 min	10	3,328	6,672	**66,72**
20 min	10	3,328	6,672	**66,72**
30 min	10	3,283	6,717	**67,17**
40 min	10	3,013	6,987	**69,87**
45 min	10	3,009	6,991	**69,91**

Nota: Elaboración propia.

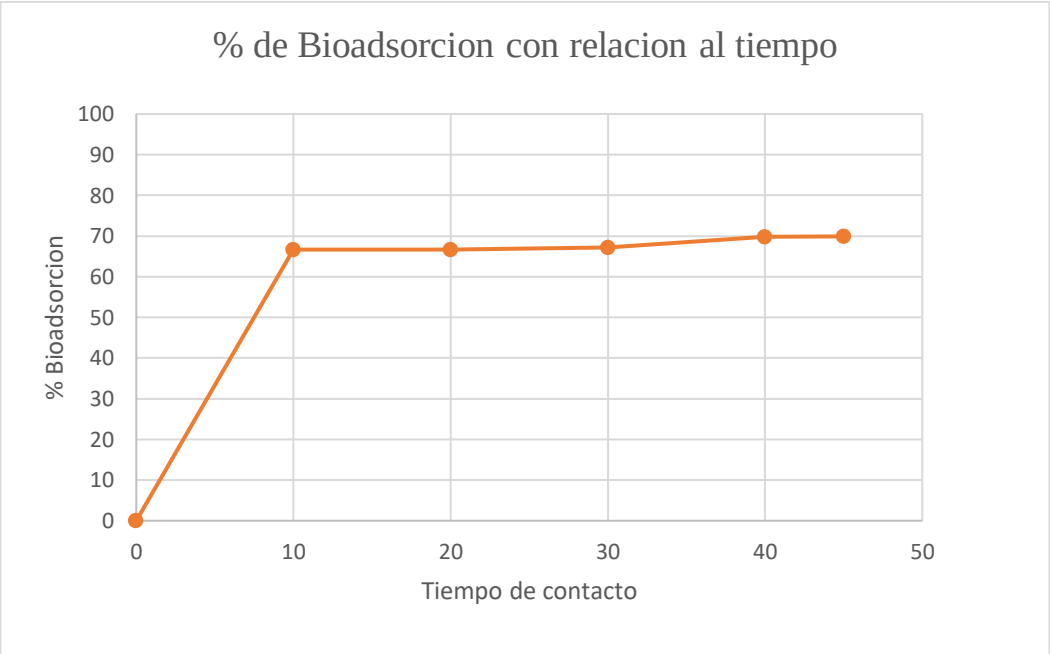


Figura 23: % de Bioadsorción con cáscara de papa sin modificar

Realizando una comparación de bioadsorción entre la cáscara de papa modificada químicamente y la cáscara de papa sin modificar a las mismas condiciones de tamaño de cáscara, peso de la misma, se puede observar que exhibe mejores resultados en la bioadsorción del Plomo (II).

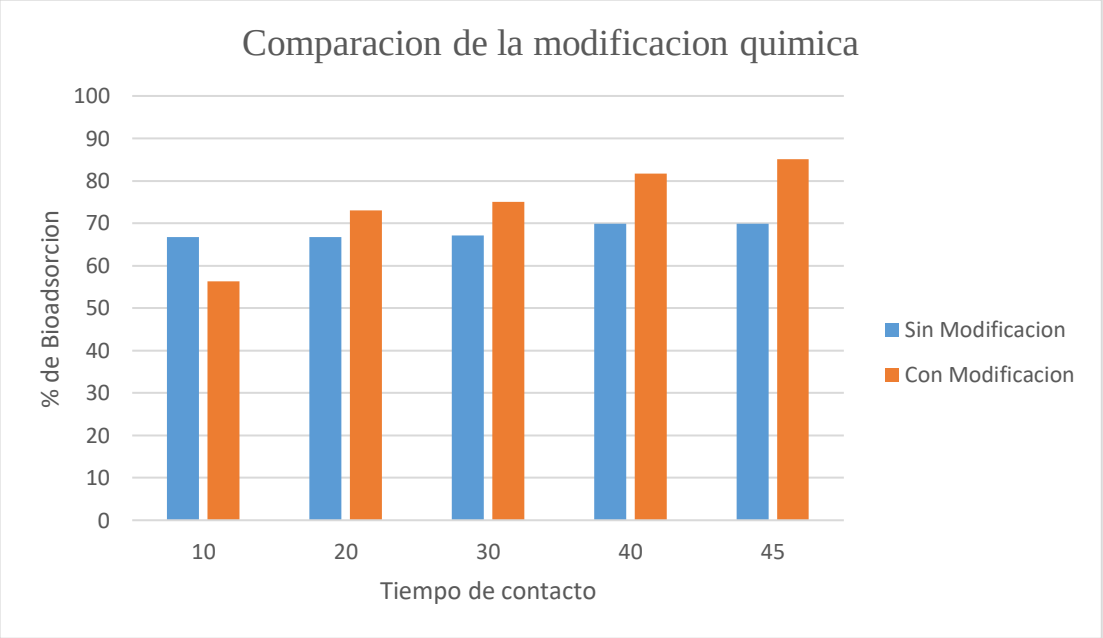


Figura 24: Comparación entre cáscara de papa modificada químicamente y sin modificar

4.3 Constatación de hipótesis

H0: La modificación química de la cáscara de papa (Solanum tuberosum) no tiene un efecto positivo en la bioadsorción del Plomo, Cusco 2021

H1: La modificación química de la cáscara de papa (Solanum tuberosum) tiene un efecto positivo en la bioadsorción del Plomo, Cusco 2021

Prueba de Normalidad

Nivel de confianza 95%

Nivel de significancia ($\alpha = 0.05$)

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
%bioadsorción cáscara de papa modificada	,213	5	,200*	,933	5	,616
%bioadsorción cáscara de papa sin modificar	,307	5	,138	,749	5	,029

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

En la prueba de normalidad, utilizando Shapiro-Wilk (menos de 30 datos) el P-valor 0,616 es mayor que α = 0.05 entonces tiene una distribución normal mientras el P-valor 0,029 es menor que α = 0.05 entonces no tiene una distribución normal. Por tanto, le corresponde una prueba no paramétrica.

Elección de la prueba estadística: prueba de Wilcoxon

Estadísticos de prueba[a]

	% bioadsorción cáscara de papa sin modificar - %bioadsorción cáscara de papa modificada
Z	-2,805[b]
Sig. asintótica(bilateral)	,005

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

En la tabla de Estadístico de prueba se observa que P-valor 0.005 es menor que la significancia α = 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la modificación química de la cáscara de papa (Solanum tuberosum) tiene un efecto positivo en la bioadsorción del Plomo, Cusco 2021.

CONCLUSIONES

- Se caracterizó la cáscara de papa (Solanum tuberosum), tanto modificada como también sin la modificación, determinándose gracias a la espectroscopia de infrarrojo que los grupos funcionales, considerados también como grupos activos, aumentan, ayudando en el proceso de bioadsorción de plomo con la cáscara de papa modificada a comparación de la sin modificar.
- Se logró una bioadsorción promedio a partir de tres pruebas experimentales en las mismas condiciones, logrando resultados de 62,69 % para tiempo de contacto de 10 min, 76,92 % para 20 min, 79,76 % para 30 min, 86,84 % para 40 min y de 90,08 % para 45 min de tiempo de contacto; a diferencia de las muestras de cáscara de papa sin modificar que obtuvieron resultados de, 66,72 % en 10 minutos, 66,72 % en 20 minutos, 67,17 % en 30 min, 69,87 % en 40 min y 69,91 % en 45 min.
- Se puede concluir que la modificación química de la cáscara de papa (Solanum tuberosum) tiene un efecto positivo para la bioadsorción del plomo, obteniéndose mejores resultados a comparación de la cáscara de papa sin modificar, alcanzando porcentaje altos con un tiempo de contacto de 45 minutos, utilizando 0.2 g de cáscara de papa modificada a 0,3 mm de tamaño de partícula, en agua simulada de plomo a concentración de 10 ppm.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir realizando modificaciones químicas con otros productos a la cáscara de papa (Solanum tuberosum) para ver si existe la posibilidad de obtener mejores resultados en la bioadsorción del Plomo.
- Realizar los ensayos experimentales a mayores tiempos, más de 45 minutos, para conocer si hay cambios en los resultados de bioadsorción.
- Determinar si la cáscara de papa (Solanum tuberosum) tiene afinidad con otros metales pesados.
- Se recomienda realizar estudios sobre la reutilización del bioadsorbente; a su vez, si es posible la recuperación del metal pesado.

BIBLIOGRAFÍA

1. DÁVILA GUZMÁN, Nancy Elizabeth. *Caracterización del proceso de biosorción de metales pesados mediante residuos sólidos de café*. Universidad Autónoma de Nuevo León, 2012.

2. TEJADA TOVAR, Candelaria, VILLABONA ORTIZ, Angel y GARCÉS JARABA, Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*. 2015. Vol. 18, no. 38, p. 109-123.

3. WANG, Li-Hua y LIN, Chun-I. Adsorción de iones de plomo (II) de una solución acuosa utilizando ceniza de cáscara de arroz. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2008. Vol. 47, no. 14, p. 4891-4897.

4. DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL. *Plan de Trabajo de Vigilancia y Control de Riesgos por Exposición Ocupacional a Metales Pesados* [online]. 2012. Available from: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DSO/PLAN DE TRABAJO EN METALES PESADOS_2_.pdf

5. LONDONO FRANCO, Luis, LONDONO MUNOZ, Paula y MUNOZ GARCIA, Fabian. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2016. Vol. 14, no. 2, p. 145-153.

6. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. *Cultivo de importancia nacional, papa.* [online]. 2019. Available from: https://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/23-sector-agrario/cultivos-de-importancia-nacional/183-papa/

7. ORDÓÑEZ OCHOA, Alejandra Esthefanía. *Determinacion de la capacidad adsorbente de los residuos de la industria de la papa papa (Solanum tuberosum) para la remoción de metales pesadas en aguas contaminadas.* [online]. Universidad Politécnica Salesiana,

2017. Available from: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14969/1/UPS-CT007386.pdf

8. CABRERA ANDRADE, Luis Fernando. *Bioadsorción de iones de Plomo y Cromo procedentes e aguas residuales utilizando la cáscara del tomate de arbol (Solanum Betaceum).* [online]. Universidad Politécnica Salesiana, 2017. Available from: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14460/1/UPS-CT007124.pdf

9. VERDUGO VERGARA, José Francisco. *Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (Citrus reticulata Var. Clementina)*. Universidad Politecnica Salesiana, 2017.

10. BARRERA ALFARO, Julieth Paola y ESQUIVEL ORTIZ, Hasbleidy. *Biosorcion de Cromo VI en soluciónes acuosas con cascarilla de cacao modificada con ácido citrico.* [online]. Universidad Jorge Tadeo Lozano, 2018. Available from: http://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/4275/Documento tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

11. BUSTAMANTE ALCÁNTARA, Elena. *Residuos, Adsorción de metales pesados en residuos de cafe modificados Químicamente* [online]. Universidad Autonoma de Nuevo León, 2011. Available from: http://eprints.uanl.mx/2323/1/1080223849.pdf

12. ALBIS, Alberto, MARTÍNEZ, Jader, SEVERICHE, María y GARCÍA, José. Remocion de plomo de soluciones acuosas usando cáscara de yuca modificada con ácido cítrico. *Investigación En Ingeniería* [online]. 2016. Vol. 13, no. 1. Available from: https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/254

13. GALÁN HUERTOS, Emilio y ROMERO BAENA, Antonio. Contaminacion de suelos por metales pesados. In : *Facultad de Química, Universidad de Sevilla* [online]. 2008. p. 48-60. Available from:

http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf

14. ESSALUD. *Plan de Atención lntegral de Salud a las personas expuestas a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas, en las IPRESS de ESSALUD"* [online]. 2019. Available from: http://www.essalud.gob.pe/transparencia/pdf/informacion/RGG_0173_GG_ESSALUD_2020.pdf

15. REYES, Yulieth, VERGARA, Inés, TORRES, Omar, DIAZ LAGOS, Mercedes y GONZALES JIMENEZ, Édgar. Contaminación por metales pesados, implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo* [online]. 2016. Vol. 16, p. 66-77. Available from: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110

16. UBILLUS LIMO, Julio. *Estudio sobre la presencia del plomo en el medio ambiente de Talara en el año 2003* [online]. 2003. Available from: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/ubillus_lj/cap3.pdf

17. CAVIEDES RUBIO, Diego Iván, MUÑOZ CALDERÓN, Ramiro Adolfo, PERDOMO GUALTERO, Alexandra, RODRÍGUEZ ACOSTA, Daniel y SANDOVAL ROJAS, Iván Javier. Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. *Revista Ingeniería y Región*. 2015. Vol. 13, no. 1, p. 73-90.

18. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. *Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: plomo, cadmio, mercurio y arsénico* [online]. Lima, Peru, 2019. Available from: https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/ogitt/cati/3 BOLETÍN TÉCNOLOGICAS N-3 2019.pdf

19. CONSEJO DIRECTIVO DE LA AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos* [online]. 2012. Available from: http://aplicaciones.ana.gob.pe/formulario/Documento%5Cpolitica_final_web.pdf

20. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Plan Nacional de Accion Ambiental* [online]. 2011. Available from: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf

21. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. *2020, Anuario Minero, Reporte estadístico* [online]. 2020. Available from: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2020/AM2020.pdf

22. ESTAMIN (DECLARACIÓN ESTADÍSTICA MENSUAL) y MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. *Perú, un país minero que supera las adversidades* [online]. 2020. Available from: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2020/BEMENE2020.pdf

23. RAMIRO PAÚCAR, Villa. *Determinación de niveles de plomo en sangre en población económicamente activa en la ciudad de Lima* [online]. Universidad de Piura, 2015. Available from: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2783/MAS_GAA_032.pdf?sequence=1

24. PÁJARO CASTRO, Nerlis Paola, MALDONADO ROJAS, Wilson, PÉREZ GARI, Narcisa Esther y DIAZ CUADRO, Jhon Albeiro. Revisión de las implicaciones ocupacionales por exposición al plomo. *Informador Técnico Colombia* [online]. 2013. Vol. 77, no. 2, p. 183-191. Available from:

https://www.academia.edu/39153344/Revisión_de_las_implicaciones_ocupacionales_por_exposición_al_plomo

25. SANÍN, Luz Helena, GONZÁLEZ COSSIO, Teresa, ROMIEU, Isabelle y HERNÁNDEZ AVILA, Mauricio. Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud. *Salud Pública Mex* [online]. 1998. Vol. 40, p. 359-368. Available from: https://www.scielosp.org/pdf/spm/1998.v40n4/359-368/es

26. BELAIRE CERVANTES, Alejandra Catalina y JACOBS FANTASSI, Benjamin. *Tratamiento de aguas contaminadas con Plomo (II) mediante técnica continua de bioadsorción en columna de corcho.* [online]. Universidad Autónoma de Barcelona, 2017. Available from: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2017/190174/TFG_BelaireJacobs.pdf

27. IZQUIERDO SANCHIS, Marta. *Eliminación del metales pesados en aguas mediante bioadsorción. evaluación de materiales y modelación del proceso.* [online]. Universidad de Valencia, 2010. Available from: http://hdl.handle.net/10803/52130

28. VALDIVIA INFANTAS, Melinda. Intoxicación por plomo. *Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna* [online]. 2005. Vol. 18, no. 1, p. 22-27. Available from: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bVrevistas/spmi/v18n1/pdf/a05v18n1.pdf

29. ALAMI, Saloua Ben. *Aprovechamiento de hueso de aceituna, biosorción de iones metálicos.* Universidad de Granada, 2010.

30. XUEYAN, Guo, SHUZHEN, Zhang y XIAO-QUAN, Shan. Adsorption of metal ions on lignin. *Journal of Hazardous Materials*. 2007. Vol. 151, no. 1, p. 134-142.

31. ROY, Dipak, GREENLAW, Paul y SHANE, Barbara. Adsorption of heavy metals by green algae and ground rice hulls. *Journal of Environmental Science and Health*. 1993. Vol. 28, no. 1, p. 37-50.

32. REDDAD, Zacaria, GERENTE, Claire, ANDRES, Yves y LE CLOIREC, Pierre. Adsorption of several metal ions onto a low-cost biosorbent : Kinetic and equilibrium studies. *Environ. Sci. Technol.* 2002. Vol. 36, no. 9, p. 2067-2073.

33. MINAMISAWA, Mayumi, MINAMISAWA, Hiroaki, YOSHIDA, Shoichiro y TAKAI, Nobuharu. Adsorption behavior of heavy metals on biomaterials. *J. Agric. Food Chem*. 2004. Vol. 52, no. 18, p. 5606-5611.

34. MINAMISAWA, Mayumi, MINAMISAWA, Hiroaki, YOSHIDA, Shoichiro y TAKAI, Nobuharu. Removal of Copper and Cadmium from water using roasted coffee beans. *Environmental chemistry: green chemistry and pollutants in ecosystems*. 2005. P. 259-265.

35. OLIVEIRA, Waleska, FRANCA, Adriana, OLIVEIRA, Leandro y ROCHA, Sonia. Untreated coffee husks as biosorbents for the removal of heavy metals from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 2008. Vol. 152, no. 3, p. 1073-1081. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389407011132

36. MUÑOZ CARPIO, Juan Carlos. *Biosorción de plomo II por cáscara de naranja, Citrus sinensis, pretratada.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2007.

37. GOBIERNO PROVINCIAL DE HUARAZ y GOBIERNO PROVINCIAL DE HUARI. *Cultivo de la papa en Ancash.* Ancash, 2008.

38. ANDINA.PE. Día Nacional de la Papa: Perú tiene más de 3,500 variedades de este cultivo andino. [online]. 2021. Available from: https://andina.pe/agencia/noticia-dia-nacional-de-papa-peru-tiene-mas-3500-variedades-este-cultivo-andino-753865.aspx

39. GESTION.PE. Perú se mantuvo como primer productor de papa en América Latina en

el 2019. [online]. 23 mayo 2020. Available from: https://gestion.pe/economia/peru-se-mantuvo-como-primer-productor-de-papa-en-america-latina-en-2019-segun-minagri-nndc-noticia/?ref=gesr

40. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. *Analisis de mercado 2020 papa*. 2020.

ANEXOS

MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC Nº 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN CEL: 974 673993 - 946 688776

INFORME N°LQ 0189-21
ANALISIS DE ADSORCION DE PLOMO CON CASCARA DE PAPA COMO ADSORBENTE

SOLICITA : DANERY RAQUEL TTITO PEREZ
Bachiller de la Universidad Continental
Facultad de Ingeniería - E.A.P. de Ingeniería Ambiental.

TESIS : "EFECTO DE LA MODIFICACIÓN QUÍMICA DE LA CASCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum*)" EN LA BIOADSORCIÓN DEL Pb(II) EN SOLUCIÓN ACUOSA, CUSCO 2021"

MUESTRA : Cascara de Papa Activada (Adsorbente)

DEPARTAMENTO : Cusco

FECHA DE INFORME : 30/06/21

RESULTADOS :

MUESTRA	TIEMPO (min)	CONCENTRACION INICIAL (ppm)	CONCENTRACION FINAL (ppm)	CONCENTRACION ADSORBIDA (ppm)	% DE ADSORCION
M_1	10	10	4.97	5.21	52.1
M_2	20	10	2.41	7.59	75.9
M_3	30	10	2.18	7.82	78.2
M_4	40	10	1.81	8.19	81.9
M_5	45	10	1.53	8.47	84.7

NOTA:

1. **Tiempo.** - Se refiere al tiempo de contacto de la solución de plomo con el adsorbente.
2. **Concentración inicial.** - Se refiere a la concentración del plomo en la solución de trabajo.
3. **Concentración final.** - Se refiere a los resultados del análisis obtenido después del periodo de adsorción.

METODOS DE ANALISIS: Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada – los resultados reportados son el promedio de tres corridas.

MC QUIMICALAB
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez
ADMINISTRACION
CIP. 238338

MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
REG. COLEGIO DE INGENIEROS Nº 16188

INFORME DE ENSAYO
IE-070721-04

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DANERY RAQUEL TTITO PÉREZ
1.2	RUC/DNI	:	72716585
1.3	Dirección	:	Cusco, Perú

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	08 de Julio de 2021
2.2	Fin	:	13 de Julio de 2021
2.3	Emisión de informe	:	13 de Julio de 2021

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1	Temperatura	:	19.9 °C
3.2	Humedad Relativa	:	54.8 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1	Ensayo solicitado y método de ensayo	:	Plomo Total / EPA METHOD 200.7 (Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry).

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Tabla N°1: DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código SLAB	Tipo de Muestra	Descripción
S-1945	Agua	M1 T=10 MIN
S-1946	Agua	M1 T=20 MIN
S-1947	Agua	M1 T=30 MIN
S-1948	Agua	M1 T=40 MIN
S-1949	Agua	M1 T=45 MIN
S-1950	Agua	M2 T=10 MIN
S-1951	Agua	M2 T=20 MIN
S-1952	Agua	M2 T=30 MIN
S-1953	Agua	M2 T=40 MIN
S-1954	Agua	M2 T=45 MIN

Nota: M1= Cáscara de papa sin modificar, M2= Cáscara de papa modificada con ácido cítrico

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL Mz E Lt 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 - www.slabperu.com

6. RESULTADOS

6.1. Resultados Obtenidos

Tabla N°2: RESULTADOS OBTENIDOS DE PLOMO

Código SLAB	Descripción	Unidad	Resultado Plomo Total
S-1945	M1 T=10 MIN	mg/L	3.328
S-1946	M1 T=20 MIN	mg/L	3.328
S-1947	M1 T=30 MIN	mg/L	3.283
S-1948	M1 T=40 MIN	mg/L	3.013
S-1949	M1 T=45 MIN	mg/L	3.009
S-1950	M2 T=10 MIN	mg/L	3.941
S-1951	M2 T=20 MIN	mg/L	2.976
S-1952	M2 T=30 MIN	mg/L	2.823
S-1953	M2 T=40 MIN	mg/L	1.847
S-1954	M2 T=45 MIN	mg/L	1.445

Nota: M1= Cáscara de papa sin modificar, M2= Cáscara de papa modificada con ácido cítrico

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

SLab
Laboratorio de ensayo e investigación

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL Mz E Lt 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 - www.slabperu.com

ANEXO N°1:
VERIFICACIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO USADO

VERIFICACIÓN OPERACIONAL
ESPECTRÓMETRO
ICP OPTIMA 4300DV

ESPECTROFOTÓMETRO DE EMISIÓN
PERKIN ELMER ICP OPTIMA 4300DV

Compañía:	SISTEMA DE SERVICIOS Y ANALISIS QUIMICOS
Dirección:	Urb Vipol de Naranjal, Calle 22Mz E, Lt 7 - SMP
Área:	Laboratorio
Responsable:	Diego Vergaray
Teléfono:	017216212
Fecha de Evaluación:	19/11/2020
Fecha Sugerida Re Evaluación:	Mayo 2021
No. de Certificado:	2011191RD

VERIFICACIÓN OPERACIONAL
ESPECTRÓMETRO
ICP OPTIMA 4300DV

CONFIGURACIÓN EVALUADA: **ACCESORIOS / COMPONENTES, NO INCLUIDOS en la descripción del modelo pero utilizado en la prueba.**

Modelo	No. Serie	Código de Equipo
ICP4300DV	07TN0072701	SL-LAB-106

Equipo de Prueba	Número de Serie
Medidor de presión de gas	N5667114

Estándares Utilizados	Número de Lote	Fecha de Expiración
N699 1579 Multi element Standar	2-05YJX1	30/01/2021
N930 6221 Diluotes 1/100	61-1602WY1	30/04/2021
N938 2152 Calmix 3	1-242MJ61	30/01/2021
N930 2946 Vis Wavecal Mix	1-202YJT1	30/03/2021

Suministrado por Cliente	Observaciones	Iniciales de Cliente
Agua		C. S.

VERIFICACIÓN OPERACIONAL
ESPECTRÓMETRO
ICP OPTIMA 4300DV

No. DE CERTIFICADO: 2011191RD FECHA DE EVALUACIÓN: 19 de Noviembre del 2020

1. RESOLUTION
RSD-ONLY-SL, la réplica más alta de la muestra RS3 (N099-1579) encontrada en par7.30247temporary filescanalyze.log

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 193.696-Res	≤0.007	0.00503	Pasó
Ni 231.604-Res	≤0.008	0.00773	Pasó
Ni 341.476-Res	≤0.012	0.00868	Pasó
La 408.672-Res	≤0.020	0.01603	Pasó
Be 455.403-Res	≤0.025	0.02252	Pasó

2. PRECISION:
Precision-XL, para la muestra RS3 STD (N095-1578)

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 193.696	≤ 1.0%	0.97	Pasó
Zn 213.856	≤ 1.0%	0.7	Pasó
Mn 257.610	≤ 1.0%	0.91	Pasó
La 379.478	≤ 1.0%	0.89	Pasó
Be 455.403	≤ 1.0%	0.84	Pasó
Be 493.408	≤ 1.0%	0.40	Pasó

3. RADIAL DETECTION LIMIT
DL-2.RL, para la muestra RL (07TN003), guardar valor en muestra de Std Dev.

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 193.696	≤ 80 ug/L	50.94	Pasó
Zn 213.856	≤ 2 ug/L	1.038	Pasó
Mn 257.610	≤ 0.75 ug/L	0.2194	Pasó
La 379.478	≤ 3 ug/L	0.3701	Pasó
Be 455.403	≤ 0.3 ug/L	0.0266	Pasó
Be 493.408	≤ 0.6 ug/L	0.0164	Pasó

VERIFICACIÓN OPERACIONAL
ESPECTRÓMETRO
ICP OPTIMA 4300DV

No. DE CERTIFICADO: 2011191RD FECHA DE EVALUACIÓN: 19 de Noviembre del 2020

4. CALIBRACIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA

COEFICIENTES UV			COEFICIENTES VIS		
-0.28880	≤	1.50	0.29627	≤	2.00
-1.29619	≤	1.50	-0.98842	≤	2.00
5.31735	≤	6.00	4.44872	≤	6.00
RSD ≤ 2.00	=	0.50	RSD ≤ 2.00	=	1.27

Intensidad de la lámpara de mercurio: 7163276.0
Valor de Std: 1886

Conclusión: Todas las pruebas pasaron satisfactoriamente.

Este documento deja CONSTANCIA que el instrumento ICP **OPTIMA 4300DV** con número de serie: **07TN0072701**

[X] **Cumple**
Las especificaciones del fabricante indicadas en este documento.

HUROLAB S.A.C
REPRESENTANTE EMPRESA **HUROLAB**

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

INFORME DE ENSAYO
IE-270721-02

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DANERY RAQUEL TITO PÉREZ
1.2	RUC/DNI	:	72716585
1.3	Dirección	:	Cusco, Perú

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	30 de Julio de 2021
2.2	Fin	:	05 de Agosto de 2021
2.3	Emisión de informe	:	09 de Agosto de 2021

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1	Temperatura	:	20.3 °C
3.2	Humedad Relativa	:	51 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1	Ensayo solicitado y método de ensayo	:	Plomo Total / EPA METHOD 200.7 (Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry).

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Código de Laboratorio	Tipo de muestra	Producto/ Descripción
S-2070	Agua	T = 10 min
S-2071	Agua	T = 20 min
S-2072	Agua	T = 30 min
S-2073	Agua	T = 40 min
S-2074	Agua	T = 45 min

Laboratorio de ensayo e investigación

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL Mz E Lt 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 - www.slabperu.com

6. RESULTADOS

6.1. Resultados de análisis

Tabla N°2: RESULTADOS OBTENIDOS DE PLOMO

Código SLAB	Descripción	Unidad	Resultado Plomo Total
S-2070	T = 10 min	mg/L	2.462
S-2071	T = 20 min	mg/L	1.539
S-2072	T = 30 min	mg/L	1.070
S-2073	T = 40 min	mg/L	0.292
S-2074	T = 45 min	mg/L	< 0.002

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL Mz E Lt 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 - www.slabperu.com

ANEXO N°1:
VERIFICACIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO USADO

HUROLAB S.A.C

VERIFICACIÓN OPERACIONAL
ESPECTRÓMETRO
ICP OPTIMA 4300DV

ESPECTROFOTÓMETRO DE EMISIÓN
PERKIN ELMER ICP OPTIMA 4300DV

Compañía:	SISTEMA DE SERVICIOS Y ANALISIS QUIMICOS
Dirección:	Urb Vipol de Naranjal, Calle 22 Mz E, Lt 7 - SMP
Área:	Laboratorio
Responsable:	Diego Vergaray
Teléfono:	017216212

Fecha de Evaluación:	19/11/2020
Fecha Sugerida Re Evaluación:	Mayo 2021
No. de Certificado:	2011191RD

WWW.HUROLAB.COM | Página 1 | 4

HUROLAB S.A.C

VERIFICACIÓN OPERACIONAL
ESPECTRÓMETRO
ICP OPTIMA 4300DV

CONFIGURACIÓN EVALUADA: **ACCESORIOS / COMPONENTES, NO INCLUIDOS en la descripción del modelo pero utilizado en la prueba.**

Modelo	No. Serie	Código de Equipo
ICP4300DV	07TN8072701	SL-LAB-106

Equipo de Prueba	Número de Serie
Medidor de presión de gas	N0887114

Estándares Utilizados	Número de Lote	Fecha de Expiración
N699 1579 Multi element Standar	2-05YJ51	30/01/2021
N930 0221 Silicon 1/100	81-162GW1	30/04/2021
N934 2182 Calcio 3	1-242NJ01	30/01/2021
N930 2946 Vis Wavecal Mix	1-202YJ71	30/03/2021

Suministrado por Cliente	Observaciones	Iniciales de Cliente
Agua		C. S.

WWW.HUROLAB.COM | Página 2 | 4

HUROLAB S.A.C

VERIFICACIÓN OPERACIONAL
ESPECTRÓMETRO
ICP OPTIMA 4300DV

No. DE CERTIFICADO: 2011191RD **FECHA DE EVALUACIÓN:** 19 de Noviembre del 2020

1. RESOLUTION
RSD<2%(1/1-5)... la réplica más alta de la muestra RSS (N699-1579) encontrada en pa(730/A7)enjoyeny fabricatyrla.bg

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 193.696-Res	≤0.007	0.00563	Pasó
Ni 231.604-Res	≤0.008	0.00775	Pasó
Ni 341.476-Res	≤0.012	0.00988	Pasó
La 408.672-Res	≤0.020	0.01063	Pasó
Be 455.403-Res	≤0.025	0.02252	Pasó

2. PRECISION:
Precision XL, para la muestra RSD STD (N699-1579)

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 193.696	≤ 1.0%	0.87	Pasó
Zn 213.856	≤ 1.0%	0.7	Pasó
Mn 257.610	≤ 1.0%	0.81	Pasó
La 379.478	≤ 1.0%	0.89	Pasó
Be 455.403	≤ 1.0%	0.94	Pasó
Be 493.408	≤ 1.0%	0.46	Pasó

3. RADIAL DETECTION LIMIT
DL-2 RL, para la muestra DL (2101R001), guardar valor en muestra de Del Dev.

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 193.696	≤ 60 ug/L	50.94	Pasó
Zn 213.856	≤ 2 ug/L	1.036	Pasó
Mn 257.610	≤ 3.75 ug/L	0.2194	Pasó
La 379.478	≤ 3 ug/L	0.3751	Pasó
Be 455.403	≤ 0.3 ug/L	0.0268	Pasó
Be 493.408	≤ 0.6 ug/L	0.0104	Pasó

WWW.HUROLAB.COM | Página 3 | 4

HUROLAB S.A.C

VERIFICACIÓN OPERACIONAL
ESPECTRÓMETRO
ICP OPTIMA 4300DV

No. DE CERTIFICADO: 2011191RD **FECHA DE EVALUACIÓN:** 19 de Noviembre del 2020

4. CALIBRACIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA

COEFICIENTES UV			COEFICIENTES VIS		
-0.28881	≤	1.50	0.25627	≤	2.00
-1.25618	≤	1.50	-0.98842	≤	2.00
5.31735	≤	6.00	4.44872	≤	6.00
RSD ≤ 2.00	=	0.50	RSD ≤ 2.00	=	1.27

Intensidad de la lámpara de mercurio: 7163279.0
Valor de Sill: 1999

Conclusión: Todas las pruebas pasaron satisfactoriamente.

Este documento deja CONSTANCIA que el instrumento ICP **OPTIMA 4300DV** con número de serie: **07TN8072701**
[ ] **Cumple**
Las especificaciones del fabricante indicadas en este documento.

HUROLAB S.A.C
REPRESENTANTE

REPRESENTANTE EMPRESA **HUROLAB**

WWW.HUROLAB.COM | Página 4 | 4

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

INFORME DE ENSAYO
IE-060821-01

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DANERY RAQUEL TITO PÉREZ
1.2	RUC/DNI	:	72716585
1.3	Dirección	:	Cusco, Perú

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	09 de Agosto de 2021
2.2	Fin	:	13 de Agosto de 2021
2.3	Emisión de informe	:	16 de Agosto de 2021

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1	Temperatura	:	20.0 °C
3.2	Humedad Relativa	:	54 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1	Ensayo solicitado y método de ensayo	:	Análisis de Espectroscopía Infrarroja / Espectrofotómetro Infrarrojo por transformada de Fourier FTIR-ATR

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Tabla N°1: Datos de las muestras analizadas

Código de Laboratorio	Tipo de muestra	Producto/ Descripción
S-2141	Cáscara de Papa	MUESTRA 1
S-2142	Cáscara de Papa	MUESTRA2

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL Mz E Lt 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 - www.slabperu.com

6. RESULTADOS

6.1. Resultados de análisis

Equipo Usado: Espectrofotómetro Infrarrojo. PERKIN ELMER, FRONTIER

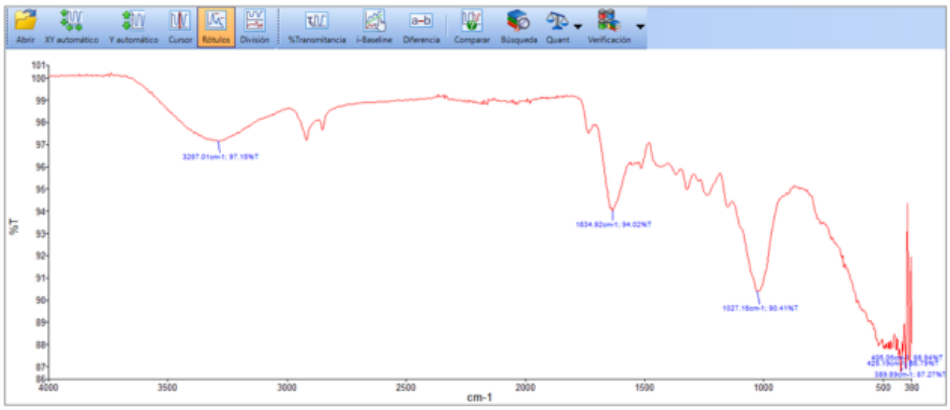


Grafico N°1: Espectro Obtenido de la Muestra N°1

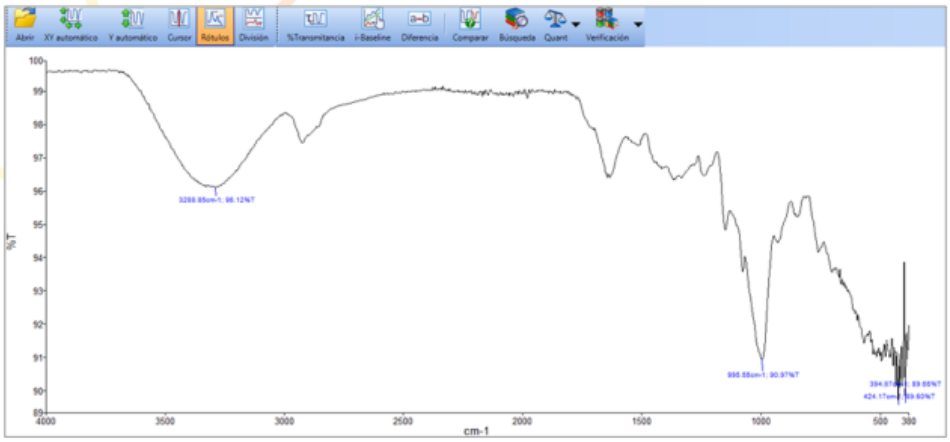


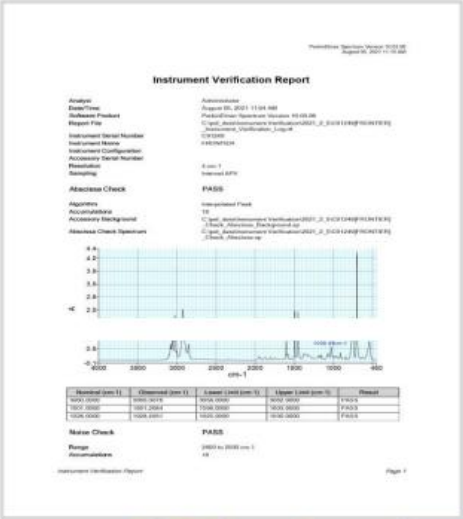
Grafico N°2: Espectro Obtenido de la Muestra N°2

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL Mz E Lt 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 - www.slabperu.com

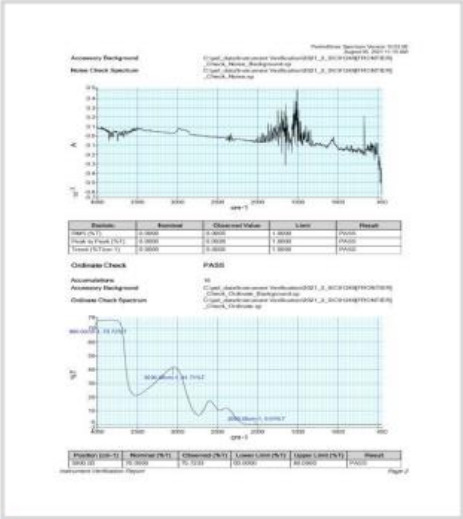
ANEXO N°1:
VERIFICACIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO USADO



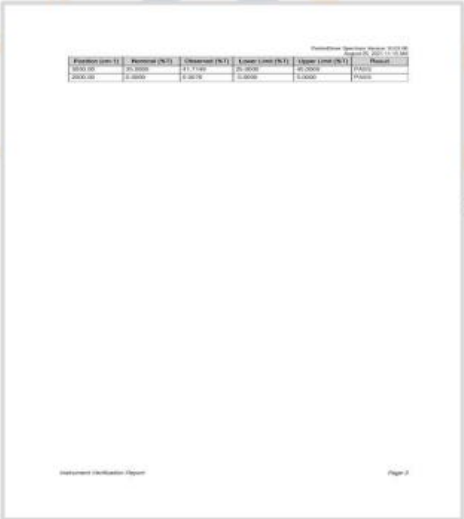
Instrument Verification Report

Abscissa Check PASS

Noise Check PASS



Ordinate Check PASS



DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL Mz E Lt 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 - www.slabperu.com