



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS CONTAMINADAS POR LIXIVIACIÓN DE RELAVES METALÚRGICOS USANDO CARBOHIDRATOS DERIVADOS DE *Solanum Tuberosum*

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
INGENIERIAS	RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE	

3. Duración del proyecto (meses)

12 a 24 meses

4. Tipo de proyecto

<u>Individual</u>	<input type="radio"/>
<u>Multidisciplinario</u>	<input checked="" type="radio"/>
<u>Director de tesis pregrado</u>	<input type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	APARICIO ARAGÓN, Walther Benigno
Escuela Profesional	INGENIERÍA QUÍMICA
Celular	930984482
Correo Electrónico	waparicio@unap.edu.pe
Apellidos y Nombres	TTITO LEÓN, Salomón
Escuela Profesional	INGENIERIA QUÍMICA
Celular	950052283
Correo Electrónico	sttito@unap.edu.pe
Apellidos y Nombres	HUANQUI PÉREZ, Roger
Escuela Profesional	INGENIERIA QUÍMICA
Celular	987006140
Correo Electrónico	rhuanqui@unap.edu.pe
Apellidos y Nombres	SUPO QUISPE, Luis Alberto
Escuela Profesional	INGENIERIA QUÍMICA
Celular	956750997
Correo Electrónico	lsupo@unap.edu.pe
Apellidos y Nombres	VALENCIA PACHO, Marleni Yovanna



Escuela Profesional	INGENIERIA QUÍMICA
Celular	951862690
Correo Electrónico	mvalencia@unap.edu.pe

I. Título

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS CONTAMINADAS POR LIXIVIADOS DE RELAVES METALÚRGICOS, USANDO CARBOHIDRATOS DERIVADOS DE *Solanum Tuberosum*

II. Resumen del Proyecto de Tesis

En la Industria extractiva de metales es necesario separar el mineral valioso de la ganga, y este proceso utiliza cantidades de agua que una vez separado el mineral valioso queda como agua residual contaminado con metales remanentes, los cuales se conocen como lixiviados de relaves metalúrgicos, estas aguas contienen metales pesados en relación con la actividad extractiva realizada. Con la finalidad de mitigar o remover estos contaminantes de los lixiviados metalúrgicos es necesario aplicar técnicas de remediación, caracterizando la capacidad de adsorción de *solanum tuberosum* y de sus derivados. Se aplicará un proceso experimental por lotes, determinando la concentración del metal pesado y después de poner en contacto con el adsorbente. Los resultados se analizarán en base a un análisis correlacional de variables e interpretados mediante parámetros termodinámicos y fisicoquímicos.

III. Palabras claves (Keywords)

Adsorción, carbohidratos, lixiviado, metales pesados, *solanum tuberosum*.

IV. Justificación del proyecto

Las actividades extractivas de carácter polimetálico de la minería produjeron y producen actualmente pasivos ambientales por acumulación de relaves metalúrgicos, los cuales por contacto con el agua producen lixiviados que contienen metales pesados, en la región del Altiplano Puneño, los cuales ocasionan contaminación de las aguas de las cuencas donde se desarrolla esta actividad con metales pesados, esta contaminación antrópica es cada vez más preocupante para la conservación del sistema abiótico, siendo un tema de interés mundial la descontaminación de aguas con fines de conservación y reusó, viene a ser una necesidad cada vez más creciente, por lo que es necesario explorar nuevos métodos de mitigación y remoción de contaminantes disueltas en aguas provenientes de los sectores mineros que contaminan ríos, lagunas y finalmente el Lago Titicaca, por lo que es de interés aplicar tecnologías de remediación usando productos naturales como la *solanum tuberosum* que tiene un alto contenido de carbohidratos al igual que sus derivados, en este proyecto se aplicará una variedad de *solanum tuberosum* seleccionada y sus derivados como la papa seca, el chuño y la tunta, con la finalidad de determinar la selectividad de esta especie y sus derivados hacia la remoción de metales pesados.

Este proyecto se justifica por ser una propuesta de desarrollo de una tecnología limpia de remediación ambiental de aguas contaminadas

V. Antecedentes del proyecto

Dentro de los efluentes líquidos industriales, uno de los contaminantes que afectan más al medio ambiente es el de los metales pesados. Estos están considerados como uno de los grupos más peligrosos debido a su biodegradabilidad, su alta toxicidad a bajas concentraciones y su capacidad para acumularse en diferentes organismos (Reyes, 2006).

Algunos metales tales como: Fe, Cu, Co, Mn, Mo y Ni son elementos esenciales para el metabolismo de las plantas, y muchas veces se agrega al suelo como fertilizantes. Pero en concentraciones altas algunos metales como los metales pesados dañan severamente a las plantas y el suelo. Esto ha sido ampliamente estudiado y revisado por Fernandes y Henriques, 1991. Que después de una continua contaminación de un hábitat con metales pesados, concluye que solo especies que posee mecanismos fisiológicos para hacer frente a la toxicidad de los metales pesados soportan esta contaminación, o aquellas plantas que secuestran fitoquelatinas para integrar iones infiltrados beneficiosamente en su metabolismo podrán sobrevivir (Kneer y Zenk, 1992).

Existen supuestos sobre el mecanismo de daño a las plantas que causan los metales pesados los cuales se discuten en términos de inhibición de enzimas como la protoclorofilida reductasa o la contaminación del lado oxidante del fotosistema II (Clijsters y Van Assche, 1985; Gross 1970) o la introducción de la plastocianina como componente del electrón fotosintético de la cadena de transporte (Kimimura y Katoh, 1972).

La extracción sólido –líquido es una técnica de extracción que empieza a tener auge en la desalinización de aguas saladas, purificación de aguas residuales; Aparicio (2011) cita un polímero amino fosforado derivativo de calixareno como agente extractante para la selectiva extracción de mercurio(II) desde agua contaminada , encontrando una capacidad de saturación del adsorbente de $5.48 \times 10^{-3} \text{ mol.dm}^{-3}$ como picrato de mercurio trabajando en flujo continuo ; Meunier y col.,(2004) usaron la cáscara de cocotero en un proceso de adsorción de metales pesados desde aguas acidas, encontrando que este biopolímero se satura a 2.26 y 3.38 mmol/l de plomo y cadmio respectivamente trabajando en adsorción continua contracorriente.

WB-Aparicio (2021) reporta los resultados de adsorción de la cáscara de cacao hacia metales pesados concluyendo que los responsables de la retención es la estructura química de los componentes de esta planta, como resultado reporta que la adsorción de metales pesados presenta la siguiente secuencia, $\text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+}$. Los contaminantes químicos corrientes de las aguas son los metales tóxicos como hierro, manganeso, plomo, mercurio, arsénico, cobre, zinc, sodio, potasio, litio, etc. compuestos nitrogenados tales como amoníaco, nitrito y nitrato, carbonato o bicarbonato de calcio y magnesio, aniones como cloruro, fluoruro, sulfato y silicatos y las mencionadas, sustancias orgánicas. Aparte de estas sustancias, existen otros contaminantes de carácter antropogénico tales como cianuros, fenoles, cromo y detergentes. De todos estos contaminantes los más peligrosos para la vida animal son los metales pesados, como por ejemplo el cadmio es cancerígeno, el plomo produce el saturnismo, etc., razón por la cual muchos estudios como los antes citados tratan de crear nuevas tecnologías para remover estos metales pesados desde aguas y aguas industriales.

Se ha estado estudiando el uso de materiales de origen vegetal para la eliminación



de componentes químicos. Por ejemplo, los estudios de remoción de cobre (II) ha sido efectuado con distintos tipos materiales entre las cuales podemos mencionar lo realizado por Zümriye Aksu y col. (2006) con remolacha seca; Kathrine C. y Hans B. H. (2007) con fibra de coco; H. Benaïssa y M.A. Elouchdi (2007) con hojas secas de girasol, Murat D y col. (2008) con álamo; Yuh-Shan Ho (2006) con fibra de grano de palma; Yuh-Shan Ho (2003) con helecho; Acemiođlu (2004) con aserrín de pino; Stéphanie S. y col. (2007) utilizaron salvado de trigo modificado con tetrazomacrocíclico lipofílico y F.E. Okieimen y col. (2005) quienes utilizaron materiales celulósicos con injertos del polímero poliacrilonitrilo.

Los estudios previos acerca del comportamiento adsorbente del albedo de la naranja fueron llevados a cabo en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería el año 2004, reportando una buena capacidad de retención de Cd(II) sobre el adsorbente, las conclusiones en la que se habían llegado fueron que se obtenía buenos resultados al efectuar un tratamiento previo con NaOH a la muestra de albedo, pero las partículas tendían a ser débiles en su estructura física por lo que durante las pruebas de sorción estas partículas tendía a desmoronarse, esto fue comprobado también al efectuar estudios cinéticos ya que los valores de retención disminuían conforme iba incrementándose el tiempo. Otra conclusión obtenida fue que el pH óptimo se encontraba a valores mayores a 5. (Proyecto de Tesis II, Edgar Soto H., 2004).

Se ha investigado los efectos del quitosano (polisacárido) con contenido de calcio químicamente controlado en la adsorción de Pb^{2+} , Cd^{2+} y Cu^{2+} , utilizando el mecanismo de adsorción de la quimisorción que involucra fuerzas de valencia mediante el intercambio de electrones entre el quitosano y los iones de metales pesados. Evidenciando que la quitina tratada con HCl fue efectivo solamente para el ion Pb^{2+} , mientras que la quitina tratada con CH_3COOH fue mas efectivo para la adsorción de Pb^{2+} , Cd^{2+} y Cu^{2+} , el quitosano con contenido de 73% de calcio químicamente controlado mostró adsorción optima la adsorción óptima de Pb^{2+} (755 mg/g) a un valor de pH inicial de 2,10 mientras que Cd^{2+} (979 mg/g) y Cu^{2+} (877 mg/g) a los valores de pH iniciales de 4,14 y 6,13 (Alam *et al.*, 2020)

Por otro lado, sintetizaron el fosfato de almidón como adsorbente novedoso para la eliminación de plomo en medios acuosos y para la caracterización utilizaron técnicas BET, BJH, SEM, EDX, XRD y FTIR. Las mediciones SEM mostraron que el tamaño de partícula del almidón sintético era de aproximadamente 10 μm . El análisis XRD no mostró que no hay una diferencia significativa entre el almidón de patata y el fosfato de almidón sintético. Se concluyó que la fosforilación no ha cambiado la estructura cristalina del almidón granulado. Los resultados de FTIR confirmaron la estructura de los dos adsorbentes a base de almidón y el análisis EDX confirmó la adición de fósforo en la estructura del adsorbente. Los experimentos de adsorción se realizaron en función de cinco parámetros efectivos que incluyen pH (2–9), tiempo de contacto (5–15 min), concentración inicial de plomo (30–250 $mg L^{-1}$), temperatura (20–60 °C) y masa adsorbente (0.03–0.25 g) utilizando un diseño compuesto central (CCD). El pH, temperatura, concentración inicial de plomo, dosis de adsorbente y tiempo de contacto óptimos para la máxima eliminación de Pb^{2+} (99.99%) fueron 5.5, 37.5 °C, 63.57 $mg L^{-1}$, 0.25 g y 10 min, respectivamente. El fosfato de almidón sintético se puede utilizar como un adsorbente eficaz y versátil para la descontaminación de efluentes, particularmente en aguas residuales que contienen Pb^{2+} (Bahrami *et al.*, 2019).



VI. Hipótesis del trabajo

La contaminación ambiental de aguas por metales pesados, es cada vez más creciente, y una alternativa de mitigación es la técnica de uso de adsorbentes naturales como una tecnología limpia de descontaminación de aguas residuales urbanas e industriales, con este propósito se pretende usar una especie de *solanum tuberosum* y sus derivados para reducir la concentración de metales pesados en aguas contaminadas por lo que planteamos que “el uso de carbohidratos derivados de *solanum tuberosum* como adsorbente de metales pesados es eficiente para su remoción de aguas residuales.

VII. Objetivo general

Determinar la capacidad de adsorción de metales pesados mediante el uso de *solanum tuberosum* sus derivados de aguas residuales producida por lixiviados producidos por relaves metalúrgicos para su descontaminación.

VIII. Objetivos específicos

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de *solanum tuberosum* y sus derivados.
- Determinar la eficacia de adsorción de metales pesados utilizando derivados de *solanum tuberosum*.
- Determinar el mecanismo y selectividad de adsorción de metales pesados por los derivados de *solanum tuberosum*.

IX. Metodología de investigación

El trabajo de investigación es de carácter experimental de manejo de variable dependiente e independiente:

- 1) Se seleccionará la variedad de *solanum tuberosum* y sus derivados para determinar las propiedades fisicoquímicas (Raigond *et al.*, 2020)
- 2) La técnica de análisis de monitoreo de la concentración de metales pesados antes y después del contacto con el adsorbente se realizará por espectroscopia de absorción atómica (Alam *et al.*, 2020).
- 3) La especie seleccionada de *solanum tuberosum* y sus derivados a utilizar en la adsorción de metales pesados, serán analizadas mediante espectroscopia infrarroja antes y después del proceso experimental (Bahrami *et al.*, 2019).
- 4) Los resultados se discutirán en base a un análisis estadístico de correlación de la variable dependiente con las variables independientes

X. Referencias

- Acemiođlu. Acemiođlu, B.; Alma, M.; *Sorption of copper (II) ions by pine sawdust*; Holz als Roh- und Werkstoff, 2004, Vol 62, (4), 268-272
- Alam, O., Qiao, X., & Nath, T. K. (2020). The effect of Ca-bearing contents in chitosan on Pb²⁺, Cd²⁺ and Cu²⁺ adsorption and its adsorption mechanism. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18(2), 1401–1414. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00556-y>
- Angela F. Danil de Namor *, Walther B. Aparicio-Aragon, Nwanyinnaya Nwogu, Abdelaziz El Gamouz, Oscar E. Piro and Alberto R. Casal. J.



Physical Chemistry, "Calixarene and Reoscicarene Based Receptors: From Structural and Thermodynamic Studies to the Synthesis of a New Mercury (II) Selective Material" 2011, 8, 4, 23,

- Bahrami, M., Amiri, M. J., & Bagheri, F. (2019). Optimization of the lead removal from aqueous solution using two starch based adsorbents: Design of experiments using response surface methodology (RSM). *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(1), 102793. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.11.038>
- Clijsters H, Van Assche F. 1985. "Inhibition of photosynthesis by heavy metals". *Photosynthesis Research* 7, 31-40.
- Fernandes JC, Henriques FS. "Biochemical, physiological and structural effects of excess copper in plants". *The Botanical Review*, 1991, 57(3), 246-73.
- H. Benaïssa y M.A. Elouchdi (2007) H. Benaïssa and M.A. Elouchdi.; Removal of copper ions from aqueous solutions by dried sunflower leaves, *Chemical Engineering and Processing*, 2007, Volume 46, (7), 614-622 (2007).
- Kathrine C. y Hans B. H. (2007) Kathrine C. and Hans Christian B. H.; Sorption of zinc and lead on coir, *Bioresource Technology*, Vol 98, (1), 89-97.
- Kimimura M, Katoh S. "Studies on electron transport associated with photosystem I. I. Functional site of plastocyanin, inhibitory effects of HgCl₂ on electron transport and plastocyanin in chloroplasts". *Biochimica et Biophysica Acta*, 1972, 283, 279-92.
- Kneer R, Zenk MH. "Phytochelatin protect plant enzymes from heavy metal poisoning". *Phytochemistry*, 1992, 31(8), 2663-7.
- Meunier, N., Blais J-F., Dayal Tyagi, "Removal of Heavy Metals From Acid Soil Leachate Using Coconut Shells in a Bath Counter- Current sorption Process" *Hydrometallurgy*, 2004, 73, 225.
- Murat D y col. (2008) Murat D., Cigdem N. and Yasar N.; *Biosorption of Cu(II) ions onto the litter of natural trembling poplar forest*; *Journal of Hazardous Materials*, 2008, Vol 151, (1), 86-95.
- Okieimen y col. F.E. Okieimen, C.E. Sogbaike and J.E. Ebhoaye; Removal of cadmium and copper ions from aqueous solution with cellulose graft copolymers; *Separation and Purification Technology*, 2006, Vol 44, (1), 85-89.
- Raigond, P., Atkinson, F. S., Lal, M. K., Thakur, N., Singh, B., & Mishra, T. (2020). Potato Carbohydrates. In P. Raigond, B. Singh, S. Dutt, & S. K. Chakrabarti (Eds.), *Potato: Nutrition and Food Security* (pp. 13–36). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7662-1_2
- Reyes T., Cerino C., Suárez H.; "Remoción de Metales pesados con carbón activado como soporte de biomasa". *Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Químicas. UANL. México*. 2006, 9, 59-64.
- Soto H, Edgar, Proyecto de Tesis II , Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería el año 2004.
- Stéphanie S., Françoise C., Emmanuel G., Michel A., Henri H., Michel L. B. and Véronique P.; Copper sorption onto a lignocellulosic substrate from wheat bran impregnated with a lipophilic tetraazamacrocyclic; *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2006, Vol 289, (1-3), 126-132.
- Walther B. Aparicio Aragón y Tania Deza Ramos, "Adsorption Heavy Metals Through The Use Of A Natural Biopolymer, (Cocoa Shell). From Contaminated Waters" *European Journal of Molecular & Clinical Medicine* 2021, ISSN 2515-8260 Volume 08, Issue 01,



- Yuh-Shan Ho and Augustine E. O., Kinetic studies of copper ion adsorption on Bibliografía Estudio de la remoción de Cu(II) en medio acuoso utilizando el albedo de la cáscara de naranja palm kernel fibre, *Journal of Hazardous Materials*, 2006, Vol 137, (3), 96-1802.
- Yuh-Shan Ho; Removal of copper ions from aqueous solution by tree fern; *Water Research*, 2003, Vol 37, (10), 2323-2330.
- Zümriye Aksu y col. (2006) Zümriye Aksu, a, and I. Alper Isoglua.; Use of dried sugar beet pulp for binary biosorption of Gemazol Turquoise Blue-G reactive dye and copper(II) ions: Equilibrium modeling, *Chemical Engineering Journal*, 2007, Vol 127, (1-3), 177-188.

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

Los resultados de este trabajo de investigación, podrán ser usados en la descontaminación de efluentes líquidos contaminados con metales pesados. Los resultados serán publicados como artículo científico en la base de datos: **Springer journals o Advances in Chemical Engineering and Science.**

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

Determinar el mecanismo y la selectividad por el cual la especie *solanum tuberosum* y sus derivados adsorben metales pesados.

ii. Impactos económicos

Desarrollo de conocimiento avanzado en descontaminación de aguas contaminadas con metales pesados.

iii. Impactos sociales

Obtener agua libre de contaminantes para diferentes usos de la sociedad.

iv. Impactos ambientales

Mitigación y descontaminación del recurso agua.

XIII. Recursos necesarios

- (1) Infraestructura de la universidad nacional del Altiplano- Puno
- (2) Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química.
- (3) Equipos de espectroscopia de absorción atómica, infrarrojo y materiales y reactivos de laboratorio necesario para el trabajo experimental.
- (4) Recursos humanos capacitados.
- (5) Aportes del FEDU

XIV. Localización del proyecto

Universidad Nacional del Altiplano-Puno
Facultad de Ingeniería Química
Escuela Profesional de Ingeniería Química



XV. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestres											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Recopilación de información	X	X	X									
Pruebas experimentales				X	X	X	X	X				
Interpretación de resultados									X	X	X	
Redacción del informe final												X
Redacción y presentación del artículo científico												X

XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Papel bond 80 g	Millar	35.00	10	350.00
Material de escritorio	Unidad	Varios	100	2 000.00
Reactivos químicos	Volumen	Varios	10 000.00
Costos varios de análisis	Unidad	Varios	16 000.00
TOTAL:			S/	28 350.00