

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“Parámetros óptimos de adsorción de cromo III en aguas contaminadas mediante biomasa de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autor:

Gaby Yud Nery Campos Flores

Asesor:

Dr. Ricardo David Vejarano Mantilla

Trujillo - Perú

2019

Tabla de contenidos

| | |
|---------------------------------------------|----|
| DEDICATORIA | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 5 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 6 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | 7 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 10 |
| CAPÍTULO II. METODOLOGÍA..... | 29 |
| CAPÍTULO III. RESULTADOS | 39 |
| CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 48 |
| REFERENCIAS..... | 54 |
| ANEXOS | 63 |

RESUMEN

En la industria el uso del agua y metales ha aumentado, y, por tanto, la generación de residuos líquidos con alto contenido de metales. Por este motivo se ha estudiado los parámetros óptimos de adsorción de cromo III en aguas contaminadas mediante biomasa de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). Se prepararon medios modelo con diferentes concentraciones de Cr(III), variando el pH y la concentración de biomasa de cáscara de maracuyá (BCM), para determinar los valores óptimos de estos parámetros, obteniendo los mejores resultados a un pH 3 y 5 g/L de BCM, en un tiempo de contacto de 90 minutos. Una vez optimizados estos parámetros se evaluó la capacidad de adsorción a tiempos de 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos, en medios con 10, 20, 50, y 200 ppm de Cr(III), a temperatura ambiente, tamaño de partícula de 250 μm y velocidad de agitación de 300 rpm; obteniendo porcentajes de adsorción de 61, 85, 80, y 52 (%) respectivamente. Además, se aplicaron los modelos de Langmuir y Freundlich (R^2 de 0.8864 y 0.7596, respectivamente), obteniendo los siguientes parámetros: q_{max} : 27.933 mg g^{-1} y b : 0.029 (para el modelo de Langmuir), y k : 1.400 y n : 1.650 (para el modelo de Freundlich), con una buena interacción adsorbente-adsorbato de acuerdo con los espectros obtenidos mediante FT-IR. Los resultados obtenidos sugieren que el Cr(III) puede eliminarse en más del 50% utilizando BCM, que con un tratamiento mínimo podría usarse como un adsorbente en el tratamiento de aguas contaminadas con Cr(III).

Palabras clave: aguas contaminadas con cromo, efluentes de curtiembre, adsorción, cáscara de maracuyá, modelo de Langmuir, modelo de Freundlich.

ABSTRACT

In the industry, the use of water and metals has increased, and therefore also the generation of effluents with a high content of metals. For this reason, the adsorption of chromium III has been studied in contaminated waters by using of passion-fruit shell biomass (PFSB) as adsorbent. Model mediums composed of distilled water with variable concentrations of Cr(III) were prepared, at different values of pH and concentrations of PFSB, in order to determine the optimum values for these parameters, obtaining the best results at pH 3 and 5 g/L of PFSB, in a 90-minute contact time. Then that these parameters were optimized, the adsorption capacity at times of 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, and 120 minutes, in presence of 10, 20, 50, and 200 ppm of Cr(III) was evaluated, working at room temperature, with a particle size of 250 μm and an agitation speed of 300 rpm, obtaining percent removal values of 61, 85, 80, and 52%, respectively. In addition, Langmuir and Freundlich models were applied (R^2 of 0.8864 and 0.7596, respectively), obtaining the following parameters: q_{max} : 27.933 mg/g and b : 0.029 (for Langmuir model), and k : 1.400 and n : 1.650 (for Freundlich model), with a good adsorbent-adsorbate interaction according to FT-IR spectra. Therefore, the obtained results suggest that Cr(III) can be removed by more than 50% by using passion-fruit shell biomass, which with a minimum treatment could be used as an adsorbent in the treatment of chromium-contaminated waters.

Keywords: chromium-contaminated waters, tannery effluents, adsorption, passion-fruit shell, Langmuir model, Freundlich model.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales

REFERENCIAS

- Acosta, H., Barraza, C., y Albis, A. (2017). Adsorción de cromo (VI) utilizando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) como biosorbente: Estudio cinético. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(1), 58-76.
- Algarra, J. (2015). *Evaluación de un filtro con biomasa (cáscara de limón mandarina) para remoción de cromo III presente en solución acuosa*. (Tesis de pregrado). Universidad Libre de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Ali, A., Saeed, K., y Mabood, F. (2016). Removal of chromium (VI) from aqueous medium using chemically modified banana peels as efficient low-cost adsorbent. *Alexandria Engineering Journal*, 55(3), 2933-2942.
- ARC. (2012). *Arsenic, metals, fibres, and dust volumen 100C a review of human carcinogens*. Recuperado de <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100C.pdf>.
- Bejarano, J.P., Gonzales, O., Rodríguez, J., Abal, I., Rivera, C., Cruzado, M., y Huamán, K. (2016). Influencia del tiempo de contacto y del tamaño de partícula de pectina de naranja (*Citrus sinensis*) en la disminución del contenido de hierro (Fe) en efluentes mineros. *Agroindustrial Science*, 6(2): 169-173.
- Campos, G., Castillo, A., Gurreonero, J., Obeso, A., Díaz, V. y Vejarano, R. (2018). Adsorbent material based on passion-fruit wastes to remove lead (Pb), chromium (Cr) and copper (Cu) from metal-contaminated waters. *AIP Conference Proceedings*, 1952: 020079.
- Chao, H.P., Chang, C.C., y Nieva, A. (2014). Biosorption of heavy metals on *Citrus maxima* peel, passion fruit shell, and sugarcane bagasse in a fixed-bed column. *Journal of Industrial and*

Engineering Chemistry, 20(5), 3408-3414.

Cruz, V. (2009). *Contaminación de agua potable por cromo hexavalente. Caso de Estudio: Colonia Lechería, municipio de Tultitlan, Estado de México* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, México.

Doménech, X., Peral, J. (Ed.). (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Barcelona, España: Editorial Reverté.

Escalante, S., y Rivas, E. (2014). *Determinación de la presencia de cromo hexavalente en muestras de agua del lago Ilopango por el método de absorción atómica* (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, San Salvador.

Fahim, N.F., Barsoum, B.N., Eid A.E., y Khalil, M.S. (2006) Removal of chromium(III) from tannery wastewater using activated carbon from sugar industrial waste. *Journal of Hazardous Materials*, 136(2), 303–309.

García, V., Maldonado, H., Ale, N., Yipmantin, A., Guzmán, E., y Pumachagua, R. (2010). Estudio de la cinética de biosorción de iones plomo en pectina reticulada proveniente de cáscaras de cítricos. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 13(1), 71-78.

Gerencia Regional Agraria La Libertad (2010). *Cultivo de maracuyá (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.)*. Recuperado de http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20MARACUYA_0.pdf.

González, V.D., Daza, R.D., Caballero, A.P., y Martínez, G.C. (2016). Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración del papel. *Luna Azul*, 43, 449-517.

- Gracia, J., López, J., Sandoval, F. (2015). Ecuación de Langmuir en líquidos simples y tensoactivos. *Educación química*, 26(4), 307-313.
- Gupta, V., y Rastogi, A. (2008). Sorption and desorption studies of chromium (VI) from nonviable cyanobacterium *Nostoc muscorum* biomass. *Journal of Hazardous Materials*, 154(1-3), 347-354.
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México, México: Editorial McGraw-Hill / INTERAMERICANA.
- Higuera, O., Florez, L., y Arroyave, J. (2009). Estudio de la biosorción de cromo con hoja de café. *Ingeniería e Investigación*, 29(2), 59-64.
- Hu, M., Zhang, S., Pan, B., Zhang, W., Lv, L., y Zhang, Q. (2012). Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 211-212, 317-331.
- Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas UNESCO. (2017). *Las aguas residuales: el recurso desaprovechado, cifras y datos*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247553s.pdf>.
- Instituto Nacional de Calidad. (2019). NTP 214.061:2018-INACAL: AGUAS RESIDUALES. Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado. Recuperado de: https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=5305
- Jacques, R., Lima, E., Dias S., Mazzocato A., y Pavan, F. (2007). Yellow passion-fruit shell as biosorbent to remove Cr(III) and Pb(II) from aqueous solution. *Separation and Purification Technology*, 57(1), 193–198.

- Lagos, L. (2016). *Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Llhan, M., Nourbakhsh, S., Kilicarlan, S., y Ozdag, H. (2004) Removal of chromium, lead and copper from industrial waste by *Staphylococcus saprophyticus*. *Biotechnology*, 2, 50–57.
- Losada, L., Sotto, M., y Artunduaga, O. (2015). Remoción de cromo hexavalente utilizando cáscara de moringa oleifera como bio-adsorbente. *Nova*, 1(1), 74-87.
- Masel, R.I (1996). *Principles of adsorption and reaction on solid surfaces*. New York: Wiley-Interscience. Recuperado de:
https://books.google.com.pe/books?id=cf9bR3MqgIIC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- Mazza, G. (Ed.). (2000). *Alimentos Funcionales: Aspectos Bioquímicos y de procesado*. España: Acribia S.A.
- Minamisawa, M., Minamisawa, H., Yoshida, S., y Takai, N. (2004). Adsorption behavior of heavy metals on biomaterials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(18), 5606-5611.
- Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI. (2011). Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA. Recuperado de: http://www.ana.gob.pe/media/355522/protocolo_182.pdf.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento MVCS. (2015). DECRETO SUPREMO N°001-2015-VIVIENDA. Recuperado de:
<http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/documentos/DS-001-2015-VIVIENDA.pdf>.
- Ministerio del Ambiente MINAM. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>.

- Morales, J., Díaz, V., Gil, A., León, J., y Vejarano, R. (2017). Remoción de metales contaminantes mediante biomasa de tuna (*Opuntia ficus*): bioadsorción de Cu y Fe en un medio modelo. *VIII Encuentro Científico Internacional del Norte (ECI Norte)*. 21-22 abril 2017. Trujillo, Perú.
- Moreno, D., y Risco, T. (2016). *Evaluación de la temperatura de calcinación y el tamaño de partícula de valvas de concha de abanico sobre el porcentaje de remoción de cromo trivalente en soluciones acuosas artificiales de Cr³⁺ mediante un proceso de precipitación* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo Perú.
- Mwinyihija, M. (2010). Main pollutants and environmental impacts of the tanning industry. In: M. Mwinyihija (Ed.), *Ecotoxicological diagnosis in the tanning industry* (pp. 17-35). New York, United States: Editorial Springer Nature.
- Netzahuatl, A., Morales, L., y Cristiani, E. (2008). Selección de residuos agroindustriales con alta capacidad de remoción de cromo hexavalente de soluciones acuosas. *VI Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular*. Clave 623033. Recuperado de: <https://docplayer.es/30211461-Seleccion-de-residuos-agroindustriales-con-alta-capacidad-de-remocion-de-cromo-hexavalente-de-soluciones-acuosas.html>.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Recuperado de: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827&fbclid=IwAR2evAy9tGJtLCay7hME711BrKbIJWbIqighfNPasQ0pB50p8Y0h8e952uE

- Paz, M., Urrutia, C., Novoa, V., y Rudolph, R. (2009). Efecto del EDTA sobre la toxicidad del cromo (VI) en el desarrollo larval de *Petrolisthes laevigatus* (Guérin, 1835). *Biología Marina y Oceanografía*, 44(1), 137-143.
- Pérez-Marín A., Zapata V., Ortuño J., Aguilar M., Sáez J. y Lloréns M. (2007). Removal of cadmium from aqueous solutions by adsorption onto orange waste. *Journal of Hazardous Materials*, 139, 122–31.
- Pérez, R., Calzado, O., Cascaret, D., y Tur, E. (2014). Adsorción de Cr(VI) por *Cocos nucifera* L. en aguas residuales de Fibrocemento en Santiago de Cuba. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 16(1), 9-18.
- Pinzón, B., Martha, L., Cardona, R., y Angélica, M. (2010). Influencia del pH en la bioadsorción de Cr(III) sobre cáscara de naranja: Determinación de las condiciones de operación en proceso discontinuo. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 8(1), 21-30.
- Pinzón, M., y Cardona, A. (2008). Caracterización de la cáscara de naranja para su uso como material bioadsorbente. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 6(1), 1-23.
- Promperú busca que maracuyá sea “estrella exportadora”. (09 de julio de 2018). *Gestión*. Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/promperu-busca-maracuya-sea-estrella-exportadora-237936>.
- Quiñonez, E., Tejada, C. y Ruíz, V. (2014). Remediación de aguas contaminadas con cromo utilizando diferentes biomateriales residuales. *Ciencias e Ingeniería al Día*, 9(1), 25-42.
- Rojas, Y., y Zárate, C. (2015). *Efecto del pH y el tiempo de contacto en la adsorción de cromo hexavalente en solución acuosa utilizando montmorillonita como adsorbente*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Rosales, C. (2014). *Estudio de la remoción de Cr(VI) presente en soluciones acuosas empleando un silicato natural y modificado* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del estado de México, Toluca, México.

Rafatullaha, M., Sulaimana, O., Hashima, R., y Ahmadb, A. (2009). Adsorption of copper (II), chromium (III), nickel (II) and lead (II) ions from aqueous solutions by meranti sawdust. *Journal of Hazardous Materials*, 170, 969-977.

Silverstein, R.; Webster, F., & Kiemle, D. (2005). *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. New York, Estados Unidos: John Wiley.

StatSoft, Inc. (2004). *Electronic Statistics Textbook*. Tulsa, OK: StatSoft [programa informático] [en línea] Recuperado de: <http://www.statsoft.com/Textbook>

Superintendencia de Servicios Sanitarios SISS. (2007). *Manual de métodos de Ensayo para agua potable*. Recuperado de: http://www.siss.gob.cl/586/w3-article-9648.html?fbclid=IwAR1a66e6FtpEUJL_12BqhYxmRcQoJMHM2s8lrCXrqw2QPRegII_DtvyhPv_k.

Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria SUNAT. (2018). *Régimen aduanero de exportación: exportación definitiva, principales subpartidas nacionales por categoría de producto, enero - setiembre 2018*. Recuperado de: http://www.sunat.gob.pe/estad-comExt/modelo_web/regimen_definitivo.html.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS. (2017). *Resolución de Consejo Directivo N° 004-2017SUNASS-CD*. Recuperado de: https://www.sunass.gob.pe/doc/normas%20legales/2017/re4_2017cd_c.pdf.

- Tamay, A. (2019). *Determinación de la capacidad de biosorción y desorción de la corona de piña (Ananas comosus) para la remoción de metales pesados*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.
- Tejada, C., Villabona, A., y Ruiz, E. (2014). Remoción de Pb (II), Ni (II) y Cr (VI) en soluciones acuosas usando matrices modificadas químicamente. *Prospect* 12(2), 7-17.
- Tejada, L., Tejada, C., Marimón, W., y Villabona, A. (2014). Estudio de modificación química y física de biomasa (*Citrus sinensis* y *Musa paradisiaca*) para la adsorción de metales pesados en solución. *Luna Azul*, 39, 124-142.
- Tejada, C., Quiñones, E., Tejada, L., y Marimón, W. (2015). Adsorción de cromo hexavalente en soluciones acuosas por cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*). *Producción + Limpia*, 10(1), 9-21.
- Tejada, C., Villabona, A., y Garcés, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*, 18 (34), 109-123.
- Tejada, C., Herrera, A., y Núñez, J., (2016). Remoción de plomo por biomasa residual de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y zuro de maíz (*Zea mays*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1): 169-178.
- Tejada, C., Villabona, A., y Jiménez M. (2017). Remoción de cromo hexavalente sobre residuos de cacao pretratados químicamente. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 139-147.
- Tejada, C., Villabona, Á., Caballero, V., Paternina, J., y Granados, C. (2018). Optimización de parámetros para la construcción de la curva de ruptura en la adsorción de Cr(VI) sobre cáscara de cacao. *Revista U.D.C.A, Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 167-177.

- Tenorio, G. (2006). *Caracterización de bioadsorción de cromo con hueso de aceituna* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada, España.
- Vilar, V., Botelho, C., & Boaventura, R (2005). Influence of pH, ionic strength and temperature on lead biosorption by *Gelidium* and agar extraction algal waste, *Process Biochem.* 40(10), 3267–3275.
- Zhu, K., & Chen, C. (2019). Application of nZVI and its composites into the treatment of toxic/radioactive metal ions. *Emerging Natural and Tailored Nanomaterials for Radioactive Waste Treatment and Environmental Remediation - Principles and Methodologies*, (pp. 281-330). Hefei, People's Republic of China: Edited by Changlun Chen.
- Vizcaíno, L., y Fuentes, N. (2015). Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(1), 43-60.