

## Generación de conocimiento en la biosorción de metales pesados encontrados en el agua residual utilizando la especie vegetal *Zea mays*, in vitro

### Knowledge generation in the biosorption of heavy metals found in wastewater using the *Zea mays* plant species, in vitro

Walter Gutiérrez Arce<sup>1</sup>, Felipe Gutiérrez Arce<sup>2</sup>, Mónica Cadenazzi Pascual<sup>3</sup>

#### RESUMEN

El objetivo del estudio es evaluar la capacidad biosorvente de metales pesados (Cadmio – Cd, Cromo – Cr y Plomo – Pb) encontrados en el agua residual, utilizando *in vitro*, la especie vegetal *Zea mays*. Se formarán tres grupos de preparados biosorventes: G<sub>1</sub> de la hoja de la panca de *Zea mays* (n=27), G<sub>2</sub> del tallo de la panca de *Zea mays* (n=27), y G<sub>3</sub> de la hoja y tallo de la panca de *Zea mays* (n=27). En cada uno de los tres grupos G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> y G<sub>3</sub>, se tomarán 27 muestras en total, nueve muestras de 50 g (P<sub>1</sub>), nueve muestras de 100 g (P<sub>2</sub>), y nueve muestras de 150 g (P<sub>3</sub>), y todas serán vertidas en una solución de 500 ml de AR (agua residual). Para las nueve muestras de P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> y P<sub>3</sub>, tres muestras interactuarán durante un minuto (T<sub>1</sub>), tres muestras interactuarán durante dos minutos (T<sub>2</sub>), y las últimas tres muestras interactuarán durante tres minutos (T<sub>3</sub>). Los antecedentes encontrados muestran un gran soporte académico para conseguir el objetivo de que es posible la biosorción de metales pesados utilizando la especie vegetal *Zea mays*.

**Palabras clave:** Biosorción, metales pesados, agua residual, *Zea mays*, lignina.

#### ABSTRACT

The objective of the study is to evaluate the biosorptive capacity of heavy metals (Cadmium - Cd, Chromium - Cr and Lead - Pb) found in wastewater, using *in vitro*, the plant species *Zea mays*. Three groups of biosorbent preparations will be formed: G1 of the *Zea mays* panca leaf (n = 27), G2 of the *Zea mays* panca stem (n = 27), and G3 of the panca leaf and stem of *Zea mays* (n = 27). In each of the three groups G1, G2 and G3, 27 samples will be taken in total, nine 50 g samples (P1), nine 100 g samples (P2), and nine 150 g samples (P3), and all they will be poured into a solution of 500 ml of WW (wastewater). For the nine samples of P1, P2 and P3, three samples will interact for one minute (T1), three samples will interact for two minutes (T2), and the last three samples will interact for three minutes (T3). The antecedents found show great academic support to achieve the objective that heavy metal biosorption is possible using the *Zea mays* plant species.

**Keywords:** Biosorption, heavy metals, wastewater, *Zea mays*, lignin.

1 Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa N° 1050 – Carretera Baños del Inca, Cajamarca, Perú.

2 Facultad de Ing. en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa N° 1050 – Carretera Baños del Inca, Cajamarca, Perú.

3 Departamento de Producción Animal, Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Universidad de la República (UdelaR), Ruta 3 km 363, C.P 60000 Paysandú, Uruguay.

## Introducción

El ambiente, considerado como un factor dentro de un sistema de producción, últimamente ha cobrado importancia debido a los recientes fenómenos climáticos que han originado variaciones en las interacciones aire - agua - suelo - planta - animal. Cuando se refiere al estado productivo de un animal (por supuesto, a los de significación económica) resulta obvio la influencia médica como base para el óptimo desarrollo corporal; y la influencia del ambiente con sus elementos indispensables para la vida; pues, el animal respira aire, se hidrata con agua, se alimenta y se reproduce siguiendo las pautas que le exige su anatomía y fisiología y a las cuales la naturaleza le brinda una respuesta. En tal sentido, cualquier alteración en su hábitat va a repercutir en su homeostasis orgánica y productiva; y cualquier patología también repercutirá en el ambiente que le rodea, con alcances que pueden llevar a poner en riesgo a la salud pública; razón suficiente para que el ser humano, buscando su beneficio, tenga que asumir el manejo productivo con responsabilidad social y con una visión integral que involucre a la naturaleza, pues, de no ser así, estaría destruyendo a su propia casa, y por ende, a su propio hogar.

La ciudad de Cajamarca, en Perú, desde hace mucho tiempo adolece de una planta de tratamiento para aguas residuales, las que son utilizadas para el riego de pastos y cultivos, o terminan como afluente del río más cercano. Ambas realidades contaminan el ambiente y generan riesgos en la salud pública y en la salud animal. En el caso de los metales pesados, analitos de naturaleza química no metabolizables, de alta densidad, con tendencia bioacumulativa y efectos cancerígenos, son absorbidos por los pastos y por otras especies vegetales en donde van a formar parte de su estructura. Estos pastos, considerándolos como el insumo más importante en la alimentación ganadera, se convierten en el medio propicio para que estos elementos tóxicos se depositen en la carne y en la leche, y que, junto a las otras especies vegetales, sean consumidos por la población humana como productos de primera necesidad alimentaria (Gutiérrez et al., 2018).

Por lo tanto, el objetivo de la investigación será evaluar la biosorción de los metales pesados (Cd, Cr, Pb) encontrados en el agua residual y que son de importancia para la salud pública y la salud animal, utilizando la especie vegetal *Zea mays*, con la finalidad de aportar en la solución de disminuir estos analitos del agua, de una manera natural, con recursos que faciliten su viabilidad, y cuya aplicación sea práctica para las personas, sobre todo para aquellas que viven en las zonas rurales de Cajamarca.

## Concepción de la Metodología de la Investigación Científica

La investigación se llevará a cabo en el Laboratorio de Fisiología Veterinaria de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.

Para el diseño y estructura de la investigación, se considerará como objetivo evaluar la concentración de metales pesados adsorbidos por la especie vegetal *Zea mays*, al ser vertidos en agua residual, *in vitro*.

La unidad de análisis será la muestra con la dosis respectiva de preparado biosorbente en la solución de 500 ml de agua residual.

Para el tamaño de la muestra se colectará al azar 42 litros de agua residual (AR) tomado de un punto de acceso al alcantarillado afluente a las pozas de oxidación; dos kg de preparado de biosorbente de la hoja de la panca de *Zea mays*, y dos kg de preparado de biosorbente del tallo de la panca de *Zea mays*. Cada una de estas colecciones serán analizadas químicamente previo al experimento a fin de determinar la existencia y cuantificación de los analitos en estudio (Cd, Cr, Pb).

Se formarán tres grupos de preparados biosorventes: G1 de la hoja de la panca de *Zea mays* (n=27), G2 del tallo de la panca de *Zea mays* (n=27), y G3 de la hoja y tallo de la panca de *Zea mays* (n=27). En cada uno de los tres grupos G1, G2 y G3, se tomarán nueve muestras de 50 g (P1), nueve muestras de 100 g (P2), y nueve muestras de 150 g (P3), y todas serán vertidas en una solución de 500 ml de

AR. Para las nueve muestras de P1, P2 y P3, tres muestras interactuarán durante un minuto (T1), tres muestras interactuarán durante dos minutos (T2), y las últimas tres muestras interactuarán durante tres minutos (T3).

Se considerará tres factores, cada factor con tres niveles, y cada nivel con tres repeticiones (3 x 3 x 3).

Factor A: Preparado biosorvente

Nivel 1: Tallo de la panca de la especie vegetal *Zea mays*.

Nivel 2: Hoja de la panca de la especie vegetal *Zea mays*.

Nivel 3: Tallo y hoja de la panca de la especie vegetal *Zea mays*.

Factor B: Dosis de biosorvente en 500 ml de agua residual.

Nivel 1: 50g/500ml

Nivel 2: 100g/500ml

Nivel 3: 150g/500ml

Factor C: Tiempo de biosorción

Nivel 1: 1 minuto

Nivel 2: 2 minutos

Nivel 3: 3 minutos

Tanto el preparado biosorvente como el agua residual después del experimento de biosorción, serán nuevamente analizados en un laboratorio acreditado mediante Espectrometría de Absorción Atómica, y los datos serán procesados siguiendo el Diseño Completamente Aleatorizado con arreglo factorial 3 x 3 x 3 y la Prueba de Tukey para el comparativo de medias.

### Aportes de la Metodología

El estudio presenta un diseño metodológico *in vitro* que permite medir la capacidad biosorvente de un insumo que generalmente es desechado por el agricultor, cuando debería ser aprovechado en la fabricación de filtros que podrían ser instalados en los sistemas de drenajes de aguas residuales, canales de regadío y/o acequias que son afluentes de los ríos; como una manera de disminuir la concentración de metales pesados en el agua, evitando las bioacumulaciones de estos analitos en los

pastos y cultivos que, a su vez, son consumidos por la ganadería y la población humana respectivamente.

### Aplicaciones en el área

En un estudio realizado por Chen et al. (2011), mostraron la capacidad de adsorción de cromo hexavalente (Cr VI) de soluciones acuosas usando tallos de maíz modificados químicamente con epíclorohidrina y otros, variando dosis de adsorbente, concentración inicial de Cr VI, pH, tiempo de contacto y temperatura. La adsorción máxima de Cr VI fue de 200 mg/g a 303 °K. los resultados mostraron que la adsorción del Cr VI depende significativamente del pH y la temperatura.

Para un estudio de remoción de Cr VI, se utilizó la cáscara de *Moringa oleífera*. El bioadsorbente se preparó por tratamiento físico (procesos de lavado, hervido, secado, molienda y tamizado) siguiendo la metodología seguida por Seshaiyah et al. (2011). Se puso en contacto el bioadsorbente y las muestras problema. Se agitaron a una temperatura ambiente, a 200 rpm durante 20 minutos. Una vez transcurrido el tiempo las muestras se dejaron en reposo o decantación durante 10 minutos y posteriormente fueron filtradas. Para determinar la concentración de iones metálicos (Cr) y el porcentaje de remoción en la solución se utilizaron el método colorimétrico Difenilcarbazida muy utilizado en química analítica. Se alcanzaron porcentajes de eliminación del 90%, para Cr (Losada et al., 2015).

En una revisión bibliográfica sobre el empleo de la lignina en la adsorción de diversos metales pesados, hace mención que uno de los primeros trabajos publicados utilizando lignina para la adsorción de metales fue el realizado por Srivastava, Singh y Sharma (1994). Evaluaron la remoción de Zn(II) y Pb(II) en lignina granular entre 150 y 100 mallas, removiendo hasta un 50% del metal con tiempos de adsorción de 10 horas y un pH de 5. Srivastava et al. (1994) plantean que la remoción de estos metales está relacionada con la cantidad de grupos fenólicos que se encuentran en la superficie de la lignina.

Posteriormente, Lalvani et al. (1997) realizaron ensayos con Cr(III), Cr(VI), Pb(II) y Zn(II), encontrando capacidades máximas de adsorción superiores a las encontradas por Srivastava, con dosis de lignina de 1 g/l. También encontró que a menor tamaño de partícula el porcentaje de remoción aumentaba y que el incremento de la temperatura incrementaba la capacidad de remoción. En los ensayos de adsorción de dos iones metálicos se presentó competencia entre ellos y se afirmó que son los grupos ácidos los responsables de la afinidad hacia los cationes en solución.

Peternele et al. (1999), estudiaron la adsorción de Cd(II) y Pb(II), donde sus ensayos fueron realizados con una dosis de lignina de 2 g/l a pH entre 5 y 6. El tiempo de adsorción fue de 8 horas a temperaturas de 30°C, 40°C, 50°C observándose un incremento de la adsorción por aumento de la temperatura. Concluyen que se presentó una mayor afinidad por el Cd (II) y que existe una competencia entre los iones cuando se realiza la adsorción de una mezcla de metales.

Lalvani, Hubner y Wiltoski (2000), realizaron un nuevo estudio para la remoción de Cr(III) y Cr(VI) con tiempos de adsorción de 24 h y temperatura de 25 °C. La dosis de lignina fue 5 g/l. La capacidad máxima de adsorción obtenida para Cr(VI) fue de 5,64 mg/g.

Merdy (2002) estudió la remoción de Cu(II) en lignina de paja de trigo con dosis de lignina de 3,33 g/l y tiempos de adsorción de 1 hora. La capacidad máxima de adsorción fue de 4,2 mg/g.

Bulgariu et al. (2009), evaluaron la adsorción de plomo (II) empleando lignina, obteniendo que el equilibrio de adsorción se acercó a los 30

minutos, con una capacidad máxima de adsorción de 32,36 mg/g. Los resultados indican que la lignina tiene el potencial de convertirse en un adsorbente eficaz y económico para la eliminación de Pb(II) a partir de las aguas residuales industriales. La revisión concluye que un método de adsorción de bajo costo, eficaz y abundante es emplear lignina, la cual contiene grupos funcionales que le confieren una gran capacidad de intercambio iónico por lo que se considera un adsorbente efectivo para la eliminación de metales pesados.

Otro trabajo muestra el estudio realizado con el bagazo de caña de azúcar como biosorbente en la eliminación de plomo y cadmio de las aguas residuales. La preparación del biosorbente del bagazo de la caña de azúcar fueron el lavado, secado, molienda y tamizado a un tamaño de partícula de 0,59 mm. Luego de preparado se procedió al cálculo de la humedad, densidad real y aparente porosidad. Fueron estudiados el efecto del pH, tiempo de contacto, concentración de la especie metálica y cinética de biosorción. El mejor porcentaje de remoción de cadmio fue 77.81% para un pH de trabajo igual a 6, y para el plomo 99.76 a un pH de 5, el cual se alcanza a los 10 minutos. Se observa tanto para el plomo como para el cadmio que a medida que aumenta la concentración del metal, aumenta la cantidad de metal adsorbido por gramos de adsorbente (Vera et al., 2016).

## Conclusiones

Los antecedentes encontrados muestran un gran soporte académico para conseguir el objetivo de que es posible la biosorción de metales pesados (Cd, Cr, Pb) encontrados en agua residual utilizando la especie vegetal *Zea mays*.

## REFERENCIAS

- Bulgariu, L., Ratoi, M., Bulgariu, D., & Macoveanu, M. (2009). Adsorption potential of mercury (II) from aqueous solutions onto Romanian peat moss. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 44(7), 700-706.
- Chen, S., Yue, Q., Gao, B., Li, Q., & Xu, X. (2011). Removal of Cr (VI) from aqueous solution using modified corn stalks: Characteristic, equilibrium, kinetic and thermodynamic study. *Chemical Engineering Journal*, 168(2), 909-917.
- Gutiérrez, W., Torrel S., Gutiérrez C., Gutiérrez F., Gutiérrez W. (2018). Metales pesados en *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens* cultivadas en agua residual in vitro. *Revista Diversa*. ISSN 2617-0884. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- Lalvani, S. B., Hubner, A., & Wiltowski, T. S. (2000). Chromium adsorption by lignin. *Energy sources*, 22(1), 45-56.
- Lalvani, S. B., Wiltowski, T. S., Murphy, D., & Lalvani, L. S. (1997). Metal removal from process water by lignin. *Environmental technology*, 18(11), 1163-1168.
- Losada L., Sotto M., Artunduaga O. (2015). Removal of Hexavalent Chrome from *Moringa oleifera* shell. *Revista Nova Colombia 1(1)*. Universidad Surcolombiana Neiva. Huila. Colombia.
- Merdy, P. (2002). Copper sorption on a straw lignin: experiments and EPR characterization. *Journal of colloid interface science*, 26.
- Peternele, W. S., Winkler-Hechenleitner, A. A., & Pineda, E. A. G. (1999). Adsorption of Cd (II) and Pb (II) onto functionalized formic lignin from sugar cane bagasse. *Bioresource Technology*, 68(1), 95-100.
- Seshaiah, K., Harikishore, D., Reddy, K., Ramana, D.K.V., & Reddy, A.V.R. (2011). Biosorption of Ni (II) from aqueous phase by *Moringa oleifera* bark, a low cost biosorbent. *Desalination*, 268(1-3), 150-157.
- Srivastava, S. K., Singh, A. K., & Sharma, A. (1994). Studies on the uptake of lead and zinc by lignin obtained from black liquor—a paper industry waste material. *Environmental technology*, 15(4), 353-361.
- Vera L., Uguña M., García N., Flores M., Vázquez V. (2016). Eliminación de los metales pesados de las aguas residuales mineras utilizando el bagazo de caña como biosorbente. *Revista Afinidad LXXIII*, 573. Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca. Facultad de Química de la Universidad de Cuenca. Ecuador.

### Correspondencia

**Autor:** Walter Gutiérrez Arce

**Dirección:** Universidad Nacional de Cajamarca

**Email:** walter.gutierrez@upagu.edu.pe