

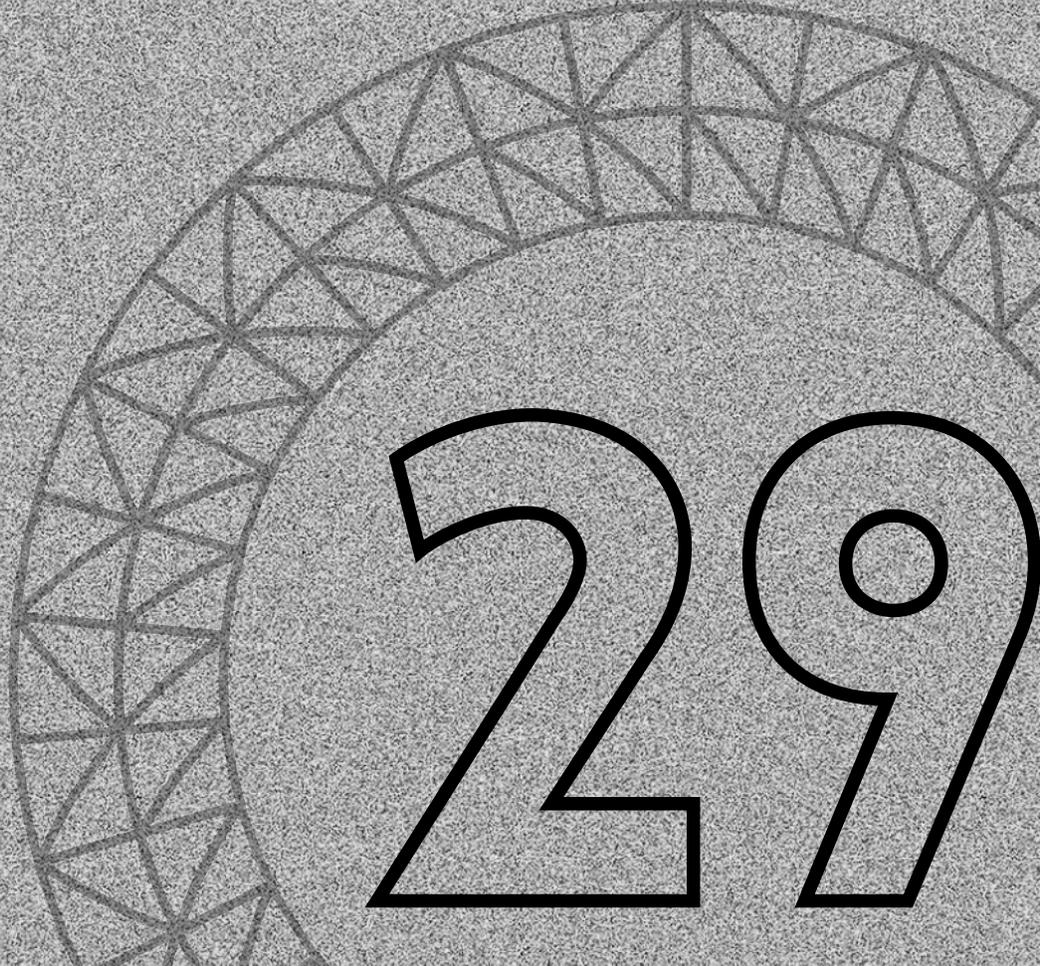
REMOCIÓN DE METALES PESADOS POR TANIGELES DE PUEBLA

Ayesha Courrech-Arias

M. A. Pérez-Cruz

D. Velázquez-López

M. Teutli-León



29

REMOCIÓN DE METALES PESADOS POR TANIGELES DE PUEBLA

HEAVY METAL REMOVAL BY TANNINGELS FROM PUEBLA

Ayesha Courrech-Arias^{1*}, M. A. Pérez-Cruz², D. Velázquez-López², M. Teutli-León³

¹Doctorado en Ciencias Químicas, Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, C.P.72000, Puebla, Puebla, México.

²Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, C.P.72000, Puebla, Puebla, México.

³Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, C.P.72000, Puebla, Puebla, México.

*E-mail: margarita189@gmail.com

ABSTRACT

This work describes the tanningels's elaboration based on condensed tannins extracted from bark of endemic trees of Puebla's as mesquite (*Prosopis glandulosa*) and pinnus (*Pinus montezumae*), Nakano's method was used and establishes formaldehyde amount to form methylene and methylether bridges in order to obtain a rigid and water insoluble polymer. The polymer denominated tanningel works as adsorbent material capable to remove pollutants present in water, however in this work obtained tanningels were tested to remove heavy metals as cobalt (Co) and cadmium (Cd), both metals represent a risk to health due to cause kidney and liver damage and cancer.

Keywords: condensed tannin, heavy metals, polymer, tanningel.

Fecha de aceptación: Junio 18, 2020.

RESUMEN

En este trabajo se describe la elaboración de tanigeles a base de taninos condensados extraídos de corteza de árboles endémicos del Estado de Puebla como mezquite (*Prosopis glandulosa*) y pino ocote (*Pinus montezumae*), el método utilizado fue el reportado por Nakano y establece la cantidad de formaldehído que se debe emplear para formar puentes de metileno o metiléter y se obtenga un polímero rígido e insoluble en agua. El polímero denominado tanigel, funciona como un material que puede remover gran cantidad de contaminantes presentes en agua, sin embargo, en este trabajo se probaron para la remoción de metales pesados como cobalto (Co) y cadmio (Cd), ambos metales representan un riesgo a la salud pública ya que provocan desde daños menores a severos en hígado y riñón, hasta el desarrollo de cáncer.

Palabras clave: metales pesados, polímero, tanigel, tanino condensado.

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años se han desarrollado diferentes materiales para la remoción de contaminantes por adsorción, dichos materiales adsorbentes se han elaborado en buena medida en base de desechos agrícolas y otras materias primas orgánicas, debido a que la mayoría pueden convertirse en carbón y éste a su vez es posible activarlo para remover selectivamente ciertos contaminantes[1]. Por lo anterior, es viable económica y energéticamente emplear nuevas alternativas como la extracción de ciertos compuestos de los desechos agrícolas que hoy en día son comercialmente atractivos, como el caso de los taninos condensados, los cuales son empleados para la elaboración de adhesivos y resinas [2], además de otras

características que manifiestan a los taninos condensados como excelentes materiales adsorbentes.

ADSORCIÓN

La contaminación en agua es una problemática seria que ha llevado a muchos investigadores a estudiar e implementar métodos que permitan la remoción de los contaminantes presentes, uno de los más eficientes es la adsorción, el cual es un proceso físico en el que se concentra el contaminante conocido como adsorbato, sobre la superficie de un material sólido conocido como adsorbente, la diferencia principal con la absorción, es que en este último existe una penetración dentro del material sólido. Dicha concentración en adsorción puede suceder por interacciones electrostáticas o bien por la formación de enlaces químicos [1].

METALES PESADOS EN AGUA

Todo contaminante representa un riesgo para la salud pública, no obstante, los metales pesados pueden provocar daños severos e irreversibles en la salud. Entre los metales pesados no deseables en el agua se encuentran: plomo (Pb), cromo (Cr), mercurio (Hg), cobalto (Co) y cadmio (Cd), en tanto que en los últimos años se han encontrado algunos metales preciosos como Ag y Au, presentes por equipos electrónicos desechados sin ningún tratamiento previo para la recuperación de los metales preciosos mencionados anteriormente.

Los metales pesados pueden estar presentes de manera natural en el medio ambiente, sin embargo, las actividades industriales descargan de manera indiscriminada cantidades mayores a las permitidas por organismos internacionales de salud, provocando así afecciones leves como irritación en la piel, hasta enfermedades crónicas y degenerativas en varios órganos tales como hígado y riñón, hasta el desarrollo de cáncer [1].

Por lo anterior, se han desarrollado materiales adsorbentes que permitan una alta remoción de los metales pesados, dentro de los más conocidos hasta el día de hoy son las zeolitas, ya que estos materiales permiten el

intercambio iónico. Otro material reconocido, es el carbón activado, éste permite alta capacidad de adsorción debido a diversos grupos funcionales. En años más recientes, se han desarrollado materiales basados en biomasa, los cuales representan una opción económica y energéticamente viable, dentro de estos materiales podemos encontrar a los basados en taninos condensados, pero ¿qué son taninos condensados?.

TANINOS CONDENSADOS

Son básicamente metabolitos secundarios de las plantas [2] y se consideran como un mecanismo de defensa de las mismas, se pueden encontrar en las cortezas de los árboles y es posible extraerlos, pertenecen a la gran familia de los polifenoles, comercialmente son empleados en la industria de curtido del cuero; químicamente son polímeros de cadena larga cuya unidad monomérica más común es la catequina (Figura 1), mostrando dos anillos aromáticos (A y B) y un heterociclo (C); el anillo A revela nucleofilicidad, por lo que puede reaccionar con formaldehído y por medio de un mecanismo de condensación es posible formar puentes de metileno o de metiléneter entre unidades de catequina, formando así una estructura entrelazada, no lineal, otorgándole ciertas propiedades características típicas de un polímero, denominado tanigel.

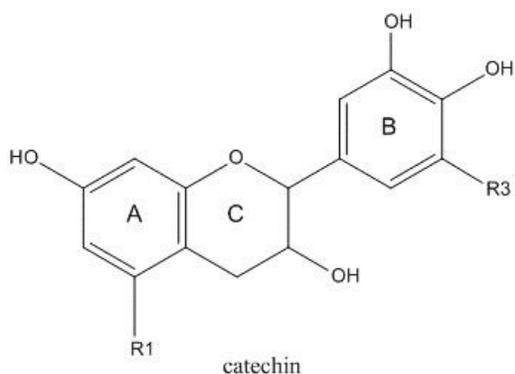


Figura 1. Estructura de catequina

TANIGELES EN EL PROCESO DE ADSORCIÓN

Hasta el momento algunos autores han elaborado tanigeles a partir de taninos condensados comerciales, es decir, aquellos usados en la industria del curtido de cuero incluso comercializados por una empresa brasileña, llamada TANAC y, esencialmente se han empleado para remover Cr[3], Zn[4], Pb[4], colorantes catiónicos como azul de metileno y surfactantes, alcanzando porcentajes de remoción altos y comparables con los adsorbentes conocidos.

Por lo anterior, en este trabajo se describe la elaboración y aplicación de tanigeles basados en taninos condensados extraídos de corteza de mezquite (*Prosopis glandulosa*) y pino ocote (*Pinus montezumae*), dos árboles endémicos del Estado de Puebla, por lo que se designaron como *tanigeles poblanos* y, hasta

el momento los resultados obtenidos para la remoción de metales pesados (Co y Cd) han sido satisfactorios y prometedores, además de comparables y competitivos frente a otros materiales adsorbentes comerciales.

PREPARACIÓN DE TANIGELES POBLANOS

Se extrajeron taninos condensados de la corteza de mezquite (*Prosopis glandulosa*) y de pino ocote (*Pinus montezumae*), utilizando agua e hidróxido de sodio (NaOH), obteniendo así el extracto tánico que de acuerdo al método de Nakano [3] se hace reaccionar con la cantidad de formaldehído manteniendo la reacción básica, con la adición de solución de hidróxido de sodio (NaOH), después de una reacción de condensación se obtiene un polímero cuya estructura es una red entrecruzada como se observa en la Figura 2, donde se distinguen enlaces interflavonoicos, aquellos que unen las unidades monoméricas de catequina, así como los puentes de metiléneter.



Figura 2. Preparación del tanigel y la estructura propuesta.

ADSORCIÓN DE METALES PESADOS SOBRE LOS TANIGELES POBLANOS

Tal como se describió, los tanigeles tienen presentes taninos condensados que poseen grupos hidroxilo en su estructura, en especial en el anillo B, se observan orto difenoles (o-difenoles), por ejemplo, catecol (Figura 3) o pirogalol (Figura 4), los cuales pueden liberar protones y en presencia de metales, podría existir una complejación, obteniendo quelatos bastante estables [3].

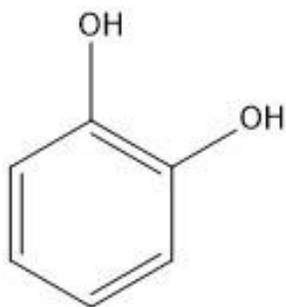


Figura 3. Estructura de catecol.

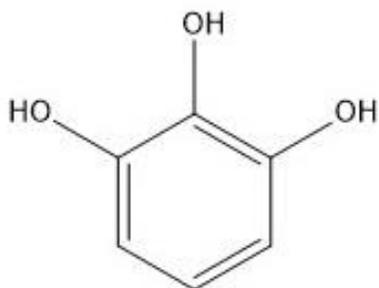


Figura 4. Estructura de pirogalol.

Por lo anterior, se utilizaron los tanigeles de mezquite y pino en un proceso de adsorción para remover dos metales pesados: Co y Cd. Las condiciones generales del proceso fueron: T=20°C y pH=6; después del tiempo de equilibrio, aproximadamente una hora, se tomaron las muestras correspondientes y se determinó la concentración final mediante espectrofotometría de absorción atómica, siendo una técnica analítica de gran importancia para la determinación de concentración de metales [5]. Después del proceso de adsorción, se determinó la cantidad adsorbida (mg g⁻¹) sobre los tanigeles usados en base la ecuación 1:

$$a = \frac{(C_i - C_f) * V}{m} \quad (1)$$

Donde C_i es la concentración inicial (miligramo por litro, mg L⁻¹), C_f es la concentración final (miligramo por litro, mg L⁻¹), V es el volumen (litro, L) y m es la masa utilizada de adsorbente (g).

Los valores obtenidos demuestran que, los tanigeles si funcionaron para la remoción de Cd (Figura 5) y Co (Figura 6) y su capacidad de adsorción es comparable a la obtenida por carbón activado.

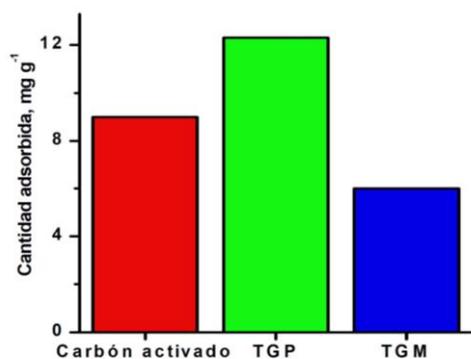


Figura 5. Comparativo de la cantidad adsorbida de Cd sobre diferentes adsorbentes.

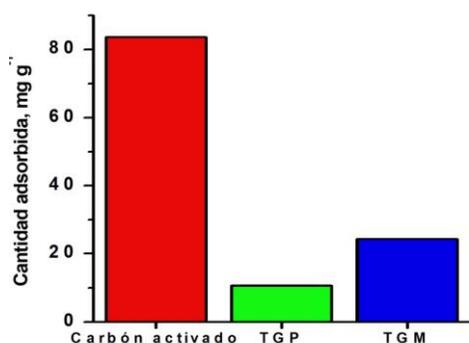


Figura 6. Comparativo de la cantidad adsorbida de Co sobre diferentes adsorbentes.

CONCLUSIONES

Se determinó que los tanigeles funcionan perfectamente para la remoción de cobalto y cadmio, esto puede atribuirse a la presencia de los grupos funcionales –OH dentro de su estructura que permiten la adsorción; para ambos tanigeles la remoción fue más alta para Co que para Cd. Los resultados demostraron que los tanigeles son una opción económica y energéticamente

factible para la remoción de contaminantes, además que, de adsorber el metal, podrían propiciar un proceso de óxido-reducción dada la presencia de los grupos funcionales –OH.

REFERENCIAS

- [1] M. A. Islam, D. W. Morton, B. B. Johnson, B. K. Pramanik, B. Mainali, and M. J. Angove, *Environ. Nanotechnology, Monit. Manag.*, vol. 10, no. August, pp. 435–456, 2018.
- [2] E. By, R. W. Hemingway, and P. E. Laks, *Plant polyphenols*. Springer, 1991
- [3] Y. Nakano, K. Takeshita, and T. Tsutsumi, *Water Res.*, vol. 35, no. 2, pp. 496–500, 2001.
- [4] J. Sánchez-Martín, J. Beltrán-Heredia, and V. Encinas-Sánchez, *Role Colloid. Syst. Environ. Prot.*, pp. 203–217, 2014.
- [5] Skoog, D., Holler, F.J., Nieman, T., *Principios de Análisis Instrumental*, McGrawHill, 2001.