

Acondicionamiento a nivel laboratorio de una columna empacada con fibra de penca de *Agave durangensis* procedente de la industrial mezcalera para la remoción de metales pesados

M.C Tania Montoya García¹, M.C. Maribel Madrid del Palacio², Manuel Madrid del Palacio³

Resumen: El contenido de metales pesados como el Pb, Cu, Zn, Fe en aguas residuales industriales es considerado un serio problema ambiental debido a sus efectos tóxicos, puesto que son bioacumulables y afectan las funciones biológicas. Un método muy usado para el tratamiento de aguas es la adsorción de soluto en líquido donde se emplea un lecho fijo de partículas granulares. La utilización de pencas de *Agave durangensis* como adsorbente puede ser una buena alternativa, debido a que estos desechos son generados en la industria del mezcal; estas industrias sólo utilizan la “piña” para la producción de mezcal y las pencas son generalmente desechadas en los sitios de corta. En la presente investigación se acondicionó una columna de adsorción a nivel laboratorio, y se utilizó fibra de penca maguey cenizo como adsorbente. Se determinó el porcentaje de remoción de cuatro metales pesados (Plomo (Pb), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Hierro (Fe)) a partir de soluciones de concentración conocida, se utilizaron dos tamaños diferentes de empaque, flujo constante y se tomaron muestras en distintos tiempos. En los experimentos se obtuvieron altos porcentajes de remoción para Hierro y Cobre.

Palabras clave: *Agave durangensis*, Adsorbente, metales pesados

Removal of heavy metals through the conditioning of an Agave durangensis penca fiber packed column at laboratory-level standards within the mezcalera industry

Abstract: Heavy metal content such as Pb, Cu, Zn and Fe in industrial residual waters is considered a serious environmental problem due their toxic effects. These metals bioaccumulate and negatively affect biologic functions. A commonly utilized water treatment method consists of the adsorption of solutes in liquids using a fixed bed with granule particles. The use of fleshy leaves from *Agave durangensis* as adsorber can be a feasible alternative since these byproducts are generated by the mezcal industry. This industry only uses the main body or “piña” for mezcal production, and the fleshy leaves are generally discarded at the cutting sites. A laboratory adsorption column was used with “maguey cenizo” fleshy leaves as adsorbing agent. Removal percentage was obtained from four heavy metals (Pb, Zn, Cu and Fe) from solutions with known concentrations. Two different packing sizes were used at steady state flow and samples were retrieved at different times, obtaining high removal rates for Fe and Cu.

Keywords: *Agave durangensis*, adsorbing agent, heavy metals

Introducción

Debido a las descargas de aguas residuales provenientes de los procesos de extracción de minerales metálicos en las minas, los impactos ambientales generados por los efluentes son realmente preocupante, puesto que llevan gran cantidad de contaminantes entre ellos los metales pesados (algunos de ellos presentes en el suelo, y otros utilizados en los procesos de extracción).

Los contaminantes con mayor concentración en los efluentes son: Plomo (Pb), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Oro (Au) y Plata (Ag). Es por esto que surge la necesidad del desarrollo de nuevas tecnologías que ayuden a mitigar el impacto de estas actividades mineras. Una de estas alternativas es la utilización de un filtro de penca de *Agave durangensis* en columnas de adsorción para la remoción de metales pesados, aunque no se descarta la posibilidad de remoción de otros compuestos presentes en efluentes mineros.

En México existen alrededor de 135 especies de *Agave* lo que corresponde al 75 % de este tipo de vegetación (García-Mendoza, 2007). Por otra parte, Escamilla (2012) informó acerca del beneficio ecológico de las plantaciones de este cultivo para la conservación de los suelos. El *agave* se utiliza en Durango principalmente para la producción de mezcal, especialmente en municipio de Nombre de Dios, cuya principal actividad económica es la producción de mezcal, por otra parte el estado de Durango es el segundo estado productor de plata, en la presente investigación se acondicionó

¹ La MC Tania Montoya es profesora investigadora de la Universidad Politécnica de Durango, profesora de asignatura del Instituto Tecnológico de Durango, Durango, Durango, México, tania.montoya@unipolidgo.edu.mx (autor correspondiente)

² La MC Maribel Madrid es profesora investigadora de la Universidad Politécnica de Durango, Durango, Durango, México, maribel.madrid@unipolidgo.edu.mx

³ El Manuel Madrid es alumno de Ingeniería Química del ITD, Durango, Durango, México, palas.mmdp@gmail.com

una columna de adsorción a nivel laboratorio, y se utilizó fibra de penca maguey cenizo como adsorbente para la remoción de metales pesados, la columna montada a nivel laboratorio pretende a futuro ser una solución a problemas de agua y suelo en el estado de Durango.

Desarrollo

Caracterización fisicoquímica de la penca de Agave durangensis

La materia prima empleada para la realización de esta investigación fue donada por productores de mezcal de Nombre de Dios municipio de Durango, Dgo. que actualmente cuenta con abundantes recursos forestales no maderables, principalmente por la presencia de la especie *Agave durangensis*, también conocida en la región como maguey cenizo. La penca empleada fue penca de maguey en etapa de desarrollo.

Para obtener un conocimiento más detallado de la composición fisicoquímica de las pencas de *Agave durangensis* se siguieron técnicas ya establecidas para conocer sus características físicas como medición de longitud de la penca, anchura, número de espinas y longitud de la espina mayor, Para determinar longitud, y longitud de la espina mayor se empleó un flexómetro de 5 m \pm 0.5mm. Para determinar los pesos de cada hoja se empleó una balanza analítica. Mientras, las características químicas se hicieron de acuerdo a los siguientes métodos: determinación de azúcares reductores totales por el método de Lane-Eynon [NMX-F-312-1978]; para la determinación del contenido de humedad de penca fresca (PF) y de la penca seca (PS), se utilizó la Norma Mexicana NOM-116-SSA1-1994; para el porcentaje de cenizas PF y PS, se utilizó la técnica de la Norma Mexicana NMX-F-066-S-1978; para el contenido de materia seca con la finalidad de conocer su porcentaje en la penca PF y PS, se siguió la Norma NMX-F-257-S-1978, y Celulosa Total de Cross & Bevan, el cual se encuentra descrito dentro del método TAPPI 203 (Technical Association of the Pulp and Paper Industry); y finalmente se determinó porcentaje de lignina Klason utilizando la técnica descrita en el método TAPPI 222.

Activación de la pencas de Agave durangensis en medio Ácido

Se realizó un secado natural de la penca de *Agave durangensis*, hasta llegar a un peso constante. La penca fue activada en medio ácido, para lo cual se hizo una maceración en ácido Sulfúrico al 0.2M en un baño maría a una temperatura constante de 50°C. Posteriormente, se dejó secar a temperatura ambiente, hasta llegar a peso constante y de esta manera poder utilizar la penca como de empaque adsorbente en una columna de vidrio.

Se llevaron a cabo las corridas en el laboratorio de la Universidad Politécnica de Durango, haciendo pasar un afluente con concentraciones conocidas: de 7 ppm, 6 ppm, 50 ppm, 2 ppm respectivamente, las soluciones utilizadas fueron de Pb, Cu, Zn y Fe, a una velocidad constante y controlada de 20 rpm (se utilizó una bomba peristáltica Watson-Marlow serie 323) y se mantuvo un flujo volumétrico constante de 50 ml/min. Se hicieron pruebas con dos tamaños de empaque (en cubos 1cmx1cmx1cm y en tiras de 1cmx1cx10cm). Se tomaron muestras a las 4 h, 8 h, 12 h, 48 h y 72 h del efluente de la columna. La determinación de las concentraciones de metales pesados se llevó a cabo en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin- Elmer, antes y después de las corridas con el fin de determinar los porcentajes de remoción. Las columnas son de borosilicato que tiene gran durabilidad y resistencia calórica y química, con un diámetro de 4.25 cm y una altura de 36 cm que cumple con la relación de 8/1 de altura/diámetro.



Figura 1. Espectrofotómetro de Absorción Atómica

Pruebas y resultados

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la caracterización física (tamaño, masa y número de espinas) de las pencas utilizadas. En la tabla 2 se encuentran los resultados de: humedad, azúcares reductores y materia seca en (penca fresca y seca).

Tabla 1. Caracterización física de la penca de *Agave durangensis*

Penca	Largo (m)	Ancho (m)	Largo Principal Espinas (m)	# Espinas	Peso total (Kg)
1	0.900	0.205	0.060	98	2.5376
2	0.850	0.210	0.060	89	2.8312
3	0.875	0.223	0.073	93	2.7835
4	0.840	0.200	0.085	91	2.4369
5	0.890	0.242	0.065	96	2.9838
6	0.867	0.219	0.058	87	2.3569
7	0.859	0.223	0.079	97	2.6536
8	0.832	0.198	0.056	86	2.2258

Tabla 2. Análisis bromatológico de la penca

Determinación	% Peso base fresca	% Peso base seca
Humedad	82.00	08.00
Azúcares Reductores Totales	00.15	00.62
Materia seca	17.85	91.38

Próximamente se calcularon los valores de la alfacelulosa y betacelulosa. La alfacelulosa es la fracción de la celulosa que se encuentra degradada y tiene un peso molecular más alto, por lo tanto es a la que se desea tener accesibilidad; la betacelulosa es la celulosa que no se degrada fácilmente y la gammacelulosa contiene pequeñas cantidades de hemicelulosa. Se obtuvieron los siguientes valores: con respecto a los compuestos lignocelulósicos de PF, se encontró principalmente el 55% de celulosa total y el 42% de lignina reflejan el grado de complejidad de la estructura celular de esta materia prima. El 55% de celulosa total está compuesta por el 48% de alfacelulosa, el 4% de betacelulosa y un 1% de gamma celulosa.

Elemento		Tiempos					% Remoción
		1	2	3	4	5	
Cobre (Cu)	T	6.040	4.800	3.930	2.490	0.287	95.24
	C	6.060	4.890	3.740	2.510	0.283	95.72
Zinc (Zn)	T	47.300	41.800	37.100	32.600	21.500	55.60
	C	49.400	38.300	36.700	33.000	20.400	58.70
Fierro (Fe)	T	1.457	1.098	0.962	0.443	0.344	76.41
	C	1.954	1.050	0.448	0.321	0.256	86.91
Plomo (Pb)	T	6.719	4.445	4.395	3.841	1.656	75.35
	C	6.635	4.281	3.923	2.754	1.329	79.96

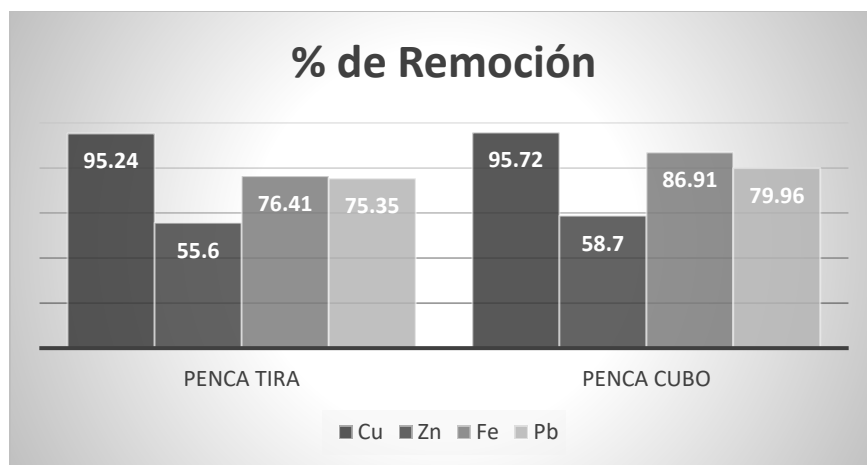


Figura 2. Porcentaje de remoción de metales, para dos tamaños de empaque

El metal que mostró un porcentaje de entre 79.96 y 75.35% fue el plomo, para el cual también podría funcionar bastante bien. Mientras que los porcentajes de remoción alcanzados para el Zn, no fueron los esperados.

Conclusiones

En esta investigación se trabajó con penca de agave, como adsorbente en una columna de adsorción, se propone como alternativa para remover fierro y cobre, no muestra buenos resultados con zinc.

La primera parte del experimento nos permite determinar las características fisicoquímicas de la penca de *Agave durangensis*: las pencas utilizadas fueron pencas en etapa de desarrollo (antes del quiotado), que es la etapa en que las pencas son desperdiciadas después del proceso de jimado.

Como puede observarse en los resultados anteriores, se recomienda para la remoción de metales en especial del cobre y fierro. Estos fueron los casos en los que se obtienen mayores porcentajes de remoción, por otro lado se obtiene mejor remoción en penca fraccionada en cubos, ya que se aumentan las áreas de adsorción. El tiempo máximo de 72h es que muestra la mejor remoción.

Por lo tanto, los porcentajes más altos fueron para Cu con una remoción del 95.72%, seguido de Fe con un porcentaje de remoción 86.91%: esto se atribuye a los altos contenidos de taninos y saponinas presentes en el agave, los cuales tienen afinidad con metales, especialmente con los antes mencionados. Se recomienda aumentar el tiempo de contacto y ver si mejoran los porcentajes de remoción, y asimismo cambiar el tamaño del empaque más pequeño. En este caso, por el tamaño de la penca no fue necesario el uso de un soporte para el adsorbente.

Es importante realizar experimentos con un lecho empacado en el cual el tamaño de la partícula sea menor para aumentar el área de adsorción, y si fuera necesario condicionar una columna de adsorción con un soporte para el lecho, específicamente tratar para Cu y Fe, que son los elementos para los cuales el adsorbente muestra mejor afinidad y por lo tanto mejores resultados de remoción.

Referencias

- Escamilla-Treviño, L.L. (2012). Potential of Plants from the Genus *Agave* as Bioenergy Crops. *BioEnergy Research*, 1-9.
- García-Mendoza, A. (2007). Los Agaves de México. *Ciencias* 87, 17-23.
- TAPPI, T. (1999). 203. Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp. Technical Association of the Pulp and Paper Industry Technology.
- TAPPI, T. (1999). 222. Acid insoluble lignin in wood and pulp. Technical Association of the Pulp and Paper Industry Technology.

Notas Biográficas

La Mtra. Tania Montoya García es profesora de tiempo completo Titular "A" de la Universidad Politécnica de Durango, adscrita al programa académico de Ingeniería en Tecnología Ambiental. Obtuvo el título de maestra en ciencias por el Instituto Tecnológico de Durango, en el área de procesos de separación, con énfasis en Adsorción y Absorción.

La Mtra, Maribel Madrid del Palacio es profesora de tiempo completo Titular "A" de la Universidad Politécnica de Durango, adscrita al programa académico de Ingeniería en Tecnología Ambiental. Obtuvo el título de maestra en ciencias por el Instituto Tecnológico de Durango, en el área de Ingeniería ambiental, con énfasis en tratamiento de aguas residuales.