

ELIMINACIÓN DE PLOMO EN SOLUCIONES SINTÉTICAS EMPLEANDO LA CÁSCARA DEL LIMÓN

AUTORES Coriza E.²⁴

SUMMARY

Water pollution by heavy metals occurs mainly by industrial, agricultural or waste disposal activity. To decrease the concentration of such contaminants in the water, methods such as chemical precipitation, reverse osmosis is used. However, they are too expensive to operate or maintain. Orange peel or lemon peel, are found in large quantities in our country, these materials can be used because they have the property of accumulating heavy metal ions through various physicochemical mechanisms. Current research focuses on using lemon peel to reduce the concentration of lead in wastewater to levels set by the Environmental Law 1333 of water discharges. Using a dose of 8 g of the biosorbent lemon peel, the lead concentration decreased to 0.24 mg / l from 5 mg/l (test 1) and a with dose of 9 g of lemon peel the lead concentration decreased to 0.16 mg / l (test 2) in a contact time of 10 minutes for both tests.

Also has been observed that the removal of lead using lemon peel reaches a removal percentage between 95.2 % and 97 %.

RESUMEN

La contaminación del agua por metales pesados ocurre principalmente por la actividad industrial, agrícola o por la disposición final de residuos. Para disminuir la concentración de este tipo de contaminantes en el agua, se utilizan métodos como la precipitación química o la ósmosis inversa. Sin embargo, resultan ser demasiado caros en su operación o mantenimiento. ²⁴

La cáscara de naranja o la cáscara de limón, se encuentran en grandes cantidades en nuestro país, estos materiales pueden ser utilizados porque tienen la propiedad de acumular iones de metales pesados por medio de distintos mecanismos fisicoquímicos. La investigación actual, se centra en utilizar la cáscara del limón para la reducción la concentración del plomo en aguas residuales a niveles establecidos de la ley de medio ambiente 1333 de descargas hídricas. Utilizando el biosorbente cáscara de limón con una dosis de 8 gr se disminuye la concentración de plomo en 0,24 mg/l (prueba 1) y para una dosis de 9 gr se reduce 0,16 mg/l (para la prueba 2), en un tiempo de contacto de 10 minutos para ambas pruebas, partiendo con una solución de plomo de 5mg/l.

Además se observa que la remoción del plomo utilizando la cáscara de limón alcanza un porcentaje de remoción de entre el 95,2 % y 97%.

Palabras clave: limón, plomo.

²⁴ Ing. Civil. Docente Investigador IIS.

1. Antecedentes

La contaminación del agua por metales pesados ocurre principalmente por la actividad industrial, agrícola o por la disposición final de residuos (Arnason and Fletcher, 2003; Inglezakis et al., 2003).

El plomo se ha venido usando desde la antigüedad y a lo largo de los siglos se han evidenciado sus efectos tóxicos. El hecho de hervir zumo de uva en recipientes de plomo, pudo haber causado el envenenamiento de gran parte de la población y con ello haber contribuido a la caída del Imperio Romano (GRAEME, K.A.; POLLACK, 1998 Ch. V. Jr. *Heavy metal toxicity, part II*)

Los efectos tóxicos del plomo son actualmente bien conocidos y la máxima concentración aceptada, para el agua de bebida está fijada en todos los países del mundo a niveles muy bajos. La Directiva 98/83 de la Unión Europea y la guía de la Organización Mundial de la Salud fijan la concentración máxima de plomo para el agua de consumo en un valor de $10\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. (SUBLET, R. 2003. *Selection of an adsorbent for Lead removal from drinking water by a point-of-use treatment device.*)

La contaminación antropogénica de plomo es mucho más significativa que la natural. Hamilton, un patólogo pionero del control en la exposición en las industrias de plomo, detectó ya a principios de los 90 daños en aquéllas personas que ocupaban puestos de trabajo en dichas industrias. A pesar de las recomendaciones de Hamilton, el uso del plomo como aditivo en la gasolina se introdujo en el mercado americano en 1923 (SUBLET, R.). Además, la pintura con bases de plomo para las casas, han sido causa de envenenamiento para muchos niños, estos tipos de pinturas no han sido prohibidas hasta el año 1977.

La exposición a plomo tiene como origen las pilas y baterías, el cemento Pórtland, la masilla, polvo de algunas industrias, tuberías de plomo o las soldaduras de éstas, equipamiento para

las granjas, elementos de joyería y cosméticos, entre otros. Las principales fuentes industriales de plomo incluyen las plantas de fundición, de reciclaje de baterías y las de pinturas para barcos y puentes (GRAEME, K.A.; POLLACK, Ch. V. Jr. *Heavy metal toxicity, part II* 1998).

Se ha comprobado que el plomo es capaz de dar respuesta a una amplia gama de tests biológicos y bioquímicos, entre éstos se encuentran: los de inhibición enzimática, mutación, cáncer y defectos de nacimiento. El plomo reacciona o forma complejos con muchas biomoléculas afectando de forma adversa los sistemas reproductivo, nervioso, gastrointestinal, inmunológico, renal, cardiovascular, del esqueleto y muscular, así como en los procesos de desarrollo. Es muy probable que el plomo sea un agente selectivo que continúa actuando e influenciando en la estructura genética y en la futura evolución de la flora y fauna expuesta (JOHNSON, F.M. 1998 *The genetic effects of environmental lead. Mutation Research*)

Debido a la acumulación de los metales pesados en la cadena alimenticia y su persistencia en la naturaleza, es necesario eliminar a los metales pesados tóxicos de las aguas residuales. Para disminuir la concentración de este tipo de contaminantes en el agua, se utilizan métodos como la precipitación química, la ósmosis inversa, el intercambio iónico, las membranas de separación y la adsorción (Volesky, 2001; Aksu, 2001; Bayramoglu et al., 2002; Lacour et al., 2001; Yan y Viraraghavan, 2001). Sin embargo, algunos de estos procesos tienen una eficiencia baja y resultan ser demasiado caros en su operación o mantenimiento.

La cáscara de cacahuate, cáscara de soya, cáscara de naranja, cáscara de limón, mazorcas de maíz, que están disponibles en grandes cantidades y pueden presentar potenciales altos como sorbentes de bajo costo para el tratamiento de efluentes entre ellos el plomo (Marshall et al., 1999; Wafwoyo et al., 1999; Vaughan et al., 2001). Estos materiales tienen la propiedad de acumular iones de metales pesados por medio

de distintos mecanismos fisicoquímicos (Chu and Hashim, 2004).

La biosorción es un término que describe la eliminación de metales pesados por la unión pasiva a una biomasa no viva a partir de soluciones acuosas; el mecanismo de remoción no está controlado por el metabolismo. El término bioacumulación refiere al proceso activo por el cual los metales son eliminados por la actividad metabólica de un organismo vivo. (P. Sharma, P. Kumari, M. M. Sirvastava, S. Srivastava, 2007). Los biomateriales utilizados en estos procesos actúan en tiempos cortos de contacto, generan efluentes de alta calidad, con la posibilidad de trabajar en un amplio rango de condiciones.

Existe evidencia que indicaría que el intercambio iónico es el principal mecanismo de captación del metal por la biomasa. Además, se establecieron vínculos muy fuertes entre la captación de metales por diferentes tipos de biomasa y las uniones de metales por biopolímeros, extraídos a partir de células de organismos vivos (L. Macaskie, A. Dean 2006 en Biosorption of Heavy Metals)

La biomasa suele ser pre-tratada por lavado con ácidos y/o bases, antes de secada y molienda. El corte y/o pulverización y granulación de la biomasa seca puede dar lugar a partículas estables (G. C. Silva, I. F. Vasconcelos, R. P. de Carvahlo 2009)

En varios países se han establecido mecanismos para regular el problema de la contaminación. En Bolivia, según el REGLAMENTO DE LA LEY DEL MEDIO AMBIENTE N° 1333, Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, establece el límite permisible para descargas líquidas de 0,6 mg/l en promedio diario para el caso de Plomo.

2. Objetivo

Estudiar la descontaminación del Plomo en soluciones sintéticas usando la cáscara del limón a niveles establecidos por el reglamento de contaminación hídrica.

Objetivos específicos

- Preparación del Biosorbente de la cáscara del limón.
- Establecer la dosis y tiempo de contacto utilizando el Biosorbente en muestras sintéticas a niveles establecidos por el reglamento de contaminación hídrica.
- Determinar la eficiencia del Biosorbente empleado.

3. Justificación

Las tecnologías que se están aplicando actualmente para la eliminación de metales pesados provenientes de efluentes industriales, resulta ser inadecuada, ya que generan problemas secundarios: como los lodos, difíciles de tratar. Debido a que estos metales son clasificados como "sustancias tóxicas", se requiere un manejo especial y lugares para depositarlos.

La búsqueda de alternativas de tratamiento de aguas residuales basadas en la utilización de Biosorbentes naturales en los procesos de descontaminación de metales pesados, se hace más que necesaria imprescindible teniendo en cuenta las condiciones económicas actuales de nuestro país.

La investigación actual, se centra en tecnologías eficaces de bajo costo económico y no contaminante desde el punto de vista medioambiental.

Materiales y Reactivos

- El Biosorbente cáscara de limón.
- Nitrato de Plata para solución de plomo.
- Solución de etanol al 5%.
- Agua destilada.
- Ácido Nítrico (HNO_3)

4. Metodología

Preparación del Biosorbente de la cáscara del Limón.

El Biosorbente utilizado para la investigación fue la cáscara de limón, (*Citrus limonum*), a la cual se le realizó un pretratamiento:

- Primeramente se realizó cortes pequeños a la cáscara del limón, después se lavaron varias veces con una solución de etanol al 5%, para poder eliminar diferentes impurezas.
- Seguidamente se efectuó el secado de la cáscara del limón en una estufa a una temperatura de 50 °C durante 24 horas.
- A continuación se realizó el correspondiente molido de la cáscara del limón para poder emplearlo en la investigación.



Fotografía 1: Lavado en etanol de la cáscara del limón.

Preparación de la muestra sintética

Para la preparación de la solución de plomo se realizó lo siguiente:

- Se pesó 0,1599 gr de Nitrato de Plomo en grado reactivo ($Pb(NO_3)_2$) y se disolvió en 200 ml de agua destilada.
- A continuación a la anterior preparación se añadió 10 ml de Ácido Nítrico (HNO_3) concentrado y se diluyó en 1000 ml de agua destilada.

Procedimiento

- Se realizaron las pruebas con una concentración inicial de 5 mg/l de solución de plomo, esto debido a limitaciones del equipo empleado para el análisis y a un valor de pH inicial de 2,19.
- Se utilizó 500 ml de la solución de plomo, a la cual se añadió 8 gr de cáscara de limón tratada y luego se mezcló completamente con ayuda de una varilla.
- A continuación antes de realizar las mediciones, se realizó el filtrado con ayuda de papel filtro cuantitativo, esto para no dañar el equipo de Absorción atómica.
- Posteriormente se determinó la concentración de plomo finales para diferentes tiempos de contacto 3, 5, 10,15 y 30 minutos.
- Las concentraciones de plomo se determinaron utilizando el equipo de Absorción atómica.



Fotografía 2: Absorción Atómica.

Resultados

En la Tabla 1 y Figura 1 se observan los valores de concentración de plomo en función de la cantidad de cáscara de limón tratada y el tiempo de contacto entre el biosorbente y la solución de plomo. Se observa que para un tiempo de contacto de 10 minutos se alcanza una concentración mínima de 0,24 mg/l y 0,15 mg/l para las pruebas 1 y 2, respectivamente, y es importante mencionar que se observa un valor de concentración constante a partir de los 15 minutos para ambas pruebas.

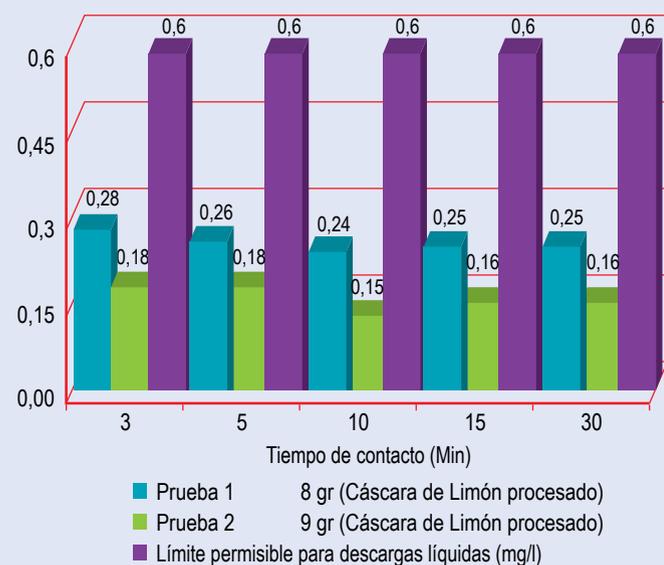
Se realizaron también los ensayos como se muestra en la Tabla 3 y Figura 4 con valores de cáscara de limón tratada desde 3 mg/l hasta 6 mg/l, obteniendo como resultado valores mínimo 3,58 a 2,18 mg/l de concentración de plomo a partir de 5 mg/l concentración de muestra sintética y para un tiempo de contacto de 15 minutos. Podemos observar que ninguno cumple con los valores mínimos para descargas líquidas de plomo de 0,6 mg/l.

Tabla 1: Concentración de Plomo en función del tiempo de contacto

Tiempo	Prueba 1-8 gr (Cáscara de Limón procesado)	Prueba 2-9 gr (Cáscara de Limón procesado)	Límite permisible para descargas líquidas (mg/l)
(min)	Concentración de Plomo (mg/l)	Concentración Plomo (mg/l)	Concentración Plomo (mg/l)
3	0,28	0,18	0,6
5	0,26	0,18	0,6
10	0,24 (pH=2,73)	0,15 (pH=2,92)	0,6
15	0,25	0,16	0,6
30	0,25	0,16	0,6

Fuente: Elaboración propia.

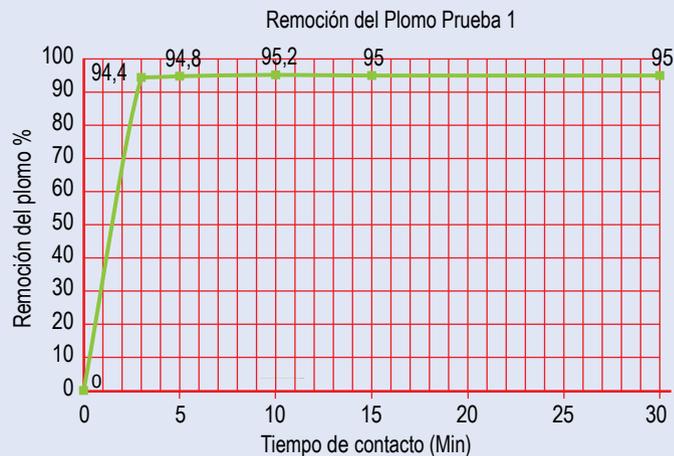
Figura 1: Concentración de Plomo en función del tiempo de contacto



Fuente: Elaboración propia.

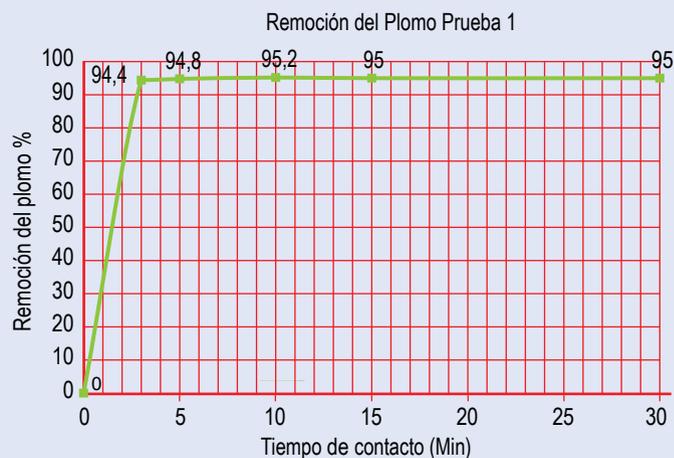
En la Figura 2 y 3 se muestra el porcentaje de remoción de plomo en función del tiempo de contacto. Se observa que para 10 minutos de contacto la cáscara de limón preparada elimina un 95,2% y 97 % para las pruebas 1 y 2, posteriormente se observa que la remoción es constante a partir de los 15 minutos de contacto para ambas pruebas.

Figura 2: Remoción del Plomo en función del tiempo de contacto Prueba 1



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3: Remoción del Plomo en función del tiempo de contacto Prueba 2



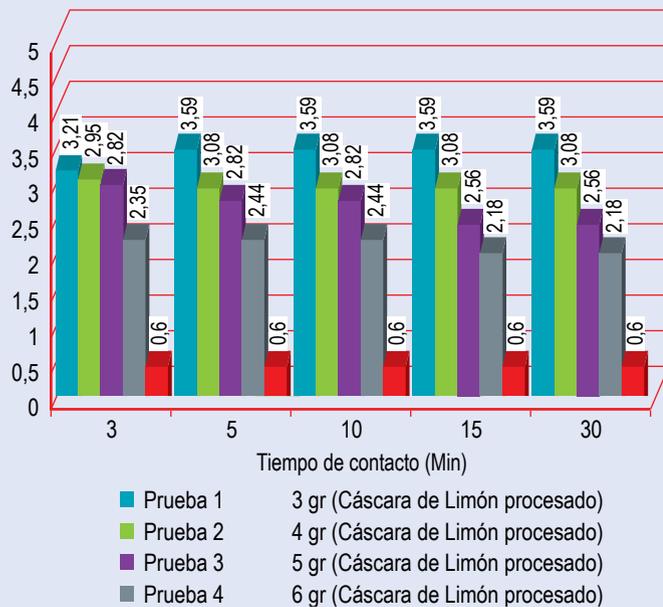
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3: Concentración de Plomo en función del tiempo de contacto

Tiempo	Prueba 1 3 gr (Cáscara de Limón procesado)	Prueba 2 4 gr (Cáscara de Limón procesado)	Prueba 3 5 gr (Cáscara de Limón procesado)	Prueba 4 6 gr (Cáscara de Limón procesado)	Limite permisible para descargas líquidas(mg/l)
(min)	Concentración de Pb (mg/l)	Concentración de Pb (mgr/l)	Concentración de Pb (mg/l)	Concentración de Pb (mgr/l)	Concentración de Pb (mgr/l)
3	3,21	2,95	2,82	2,35	0,6
5	3,59	3,08	2,82	2,44	0,6
10	3,59	3,08	2,82	2,44	0,6
15	3,59	3,08	2,56	2,18	0,6
30	3,59	3,08	2,56	2,18	0,6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: Concentración de Plomo en función del tiempo de contacto



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3 y Figura 4 muestra la concentración de plomo en función del tiempo de contacto.

5. Conclusiones

Utilizando el biosorbente cáscara de limón con una dosis de 8 gr se disminuye la concentración de plomo en 0,24 mg/l (prueba 1) y para una dosis de 9 gr se reduce 0,16 mg/l (para la prueba 2), en un tiempo de contacto de 10 minutos para ambas pruebas, partiendo con una solución de plomo de 5 mg/l.

Además se observa que la remoción del plomo utilizando la cáscara de limón alcanza un porcentaje de remoción del 95,2 % y 97%.

Por otro lado se observa que se alcanza valores constantes de concentración plomo a partir de los 15 minutos de contacto.

Comparando los resultados obtenidos de concentración de plomo empleando la cáscara de limón con el límite permisible para descargas líquidas, se puede concluir que se encuentran por debajo del límite permisible.

De lo anterior se señala que se alcanza buenos resultados de remoción de plomo utilizando la cáscara de limón como biosorbente, constituyendo de esta manera una alternativa económica y ecológica para la remoción de plomo y la cual puede ser aplicada para el tratamiento de efluentes contaminados con plomo a niveles establecidos por el Reglamento de Contaminación Hídrica.

Por otro lado realizando la interpolación de los datos de la Tabla 1 y 3 obtenidos en laboratorio, encontramos la dosis óptima de 7,67 gr de cáscara tratada de limón para un tiempo de contacto de 15 minutos y una concentración de 0,6 mg/l de plomo, que es limite permisible de descargas hídricas.

6. Bibliografía

- **AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF), (2000).** Standard Methods for

Examination of Water and Wastewater, 20th Edition.

- **Abel E. Navarro, Karim P. Ramos, Karol Campos, Holger J. Maldonado. (2006).** Elucidación del efecto del pH en la adsorción de metales pesados mediante biopolímeros naturales: cationes divalentes y superficies activas.
- **Arnason, J. y Fletcher, B., 2003.** A 40+ year record of Cd, Hg, Pb, and U deposition in sediments of Patroon Reservoir, Albany Country, NY, USA. *Environmental Pollution*. 123(3), 383-391.
- **Bayramoglu, G., Denizli, A., Bektas, S., Arica, M. Y., 2002.** Entrapment of lentinus sajor-caju into Ca-alginate gel beads for biosorption kinetics analysis. *Microchemistry Journal* 72, 63-76.
- **Botelho, R. A. R. Boaventura; Biochem. Eng. J. 2008,42, 276-289.**
- **Chu, K. and Hashim, M., 2004.** Biosorption of cadmium by brown, green, and red seaweeds. *Chemical Engineering Journal*, 97: 249-255.
- **G. C. Silva, I. F. Vasconcelos, R. P. de Carvahlo, M. S. S. Dantas, V: S. T. Ciminelli, Environ. Chem. 2009, 6, 350-356.**
- **GRAEME, K.A.; POLLACK, Ch. V. Jr. Heavy metal toxicity, part II: lead and metal fume fever. The Journal of Emergency Medicine. Vol. 16, No. 2, (1998), p. 171-177.**
- **JOHNSON, F.M. The genetic effects of environmental lead. Mutation Research. No.410, (1998), p. 123-140.**
- **L. Macaskie, A. Dean en Biosorption of Heavy Metals; (Ed.: B. Volesky), CRC Press; Boca Ratón, 1990, pp. 199-248.**
- **Marshall, W. E., Wartelle, L. H., Boler, D. E., Johns, M. M., Toles, C. A., 1999.** Enhanced metal adsorption by soybean hull modified with citric acid. *Bioresour.Technol.* 69, 236-268.
- **Mercado A., Guzmán L. E., Toranzos Y. (2008).** Evaluación de filtros lentos de arena para la remoción de metales pesados (cromo plomo, cadmio y cinc).
- **Mercado, A. M. Romero, E. Fernández, K. Villena (2007).** Adsorción de metales pesados de agua destinada al consumo humano, en arenas con granulometría similares a las aplicadas en filtración lenta.
- **Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, Edición McGraw-Hill. 1995.**
- **P. Sharma, P. Kumari, M. M. Sirvastava, S. Srivastava, Biortech. 2007, 98, 474-477.**
- **Reglamento en materia de contaminación hídrica (anexo 2 limites permisibles para descargas liquidas)**
- **SUBLET, R. [et al.] Selection of an adsorbent for Lead removal from drinking water by a point-of-use treatment device. Water Research. No.37, (2003), p. 4904-4912.**
- **Vaughan, T., Seo, C. W., Marshall, W. E., 2001.** Removal of selected metal ions from aqueous solution using modified corncobs. *Bioresour. Tecnol.* 78, 133-139.
- **Volesky, B., 2001.** Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century. *Hydrometallurgy* 59, 203-216.
- **Wafwoyo, W., Seo, C. W., Marshall, W. E., 1999.** Utilization of peanut shells as adsorbents for selected metals, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 74, 1117-1121.
- **Yan, G., Viraraghavan, T., 2001.** Heavy metal removal in a biosorption column by immobilized *M. rouxii* biomass. *Bioresour. Technology.* 78, 243-249.