
Biosorción de Plomo (II) en solución por diferentes biomazas fúngicas

J.F. Cárdenas¹, M.G. Moctezuma¹, I. Acosta^{1*}, V.M. Martínez²

¹Laboratorio de Micología Experimental. CIEP. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Dr. Manuel Nava No. 6. Zona Universitaria. C.P. 78320. San Luis Potosí, S.L.P. México.

²Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Zona Universitaria, Rancho Universitario Km 1. C.P. 43600. Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México.

Biosorption of Lead (II) in solution by different fungal biomass.

Abstract

Lead is a heavy metal that causes toxic effects on the gastrointestinal tract, renal system and central and peripheral nervous systems, and interference with enzyme systems involved in heme synthesis. There are reports that mentioned that fungi possess skills in uptake of heavy metals, due to some components of their cell wall.

The biosorption of lead on fifteen fungal biomasses was studied in this work. It was found that the biomass of *Mucor rouxii* IM-80, *M. rouxii* mutant and *Mucor* sp-1 and 2, were more efficient to remove Lead (determined spectrophotometrically at 510 nm using dithizone as the complexing agent) achieving the following percentage of removals: 100%,

94.1%, 93.1% and 86.3%, respectively, at pH 6.0 at 28°C after 12 hours of incubation, 100 rpm, with 1.0 g/100 ml of fungal biomass.

Key words: contamination, biosorption, fungal biomass, lead.

Resumen

El plomo es un metal pesado que ocasiona efectos tóxicos sobre el tracto gastrointestinal, sistema renal y SNC y periférico, además de interferencias con sistemas enzimáticos implicados en la síntesis del grupo hemo. Existen reportes que mencionan que los hongos poseen habilidades de captación de metales pesados, debido a algunos componentes de su pared celular. En este trabajo se estudió la biosorción de plomo por quince biomazas fúngicas, encontrando que las biomazas de *Mucor rouxii* IM-80, *M. rouxii* mutante y *Mucor* sp-1 y 2, fueron las más eficientes para remover el metal (determinado espectrofotométricamente a 510 nm usando ditzona como agente acomplejante), con los siguientes porcentajes de remoción, 100%, 94.1%, 93.1% y 86.3%, respectivamente, a un pH de 6.0, a 28°C y 12 horas de incubación, 100 rpm y 1.0 g/100 ml de biomasa fúngica.

Palabras clave: contaminación, biosorción, biomazas fúngicas, plomo.

*Autores de correspondencia
Email: iacosta@uaslp.mx

Introducción

El plomo y sus derivados se encuentran ampliamente distribuidos en el medio ambiente: aire, agua para consumo humano, ríos, lagos y océanos, suelo, plantas, animales, etc., Este metal es utilizado en la fabricación de pigmentos, recubrimientos, recipientes, ungüentos, pilas eléctricas (Enamorado *et al.*, 2011) y actualmente tiene numerosas aplicaciones en la industria metalúrgica: munición de armas, metal para cojinetes, cobertura de cables, plomo laminado, soldaduras, pigmentos, vidriado de cerámica. El límite de exposición laboral (TLV-TWA) ha sido establecido en $0.15 \text{ mg Pb m}^{-3}$ (ARTSDR1993). También, el fenómeno conocido como “pica”, que se da en niños que chupan juguetes u objetos con pinturas o envoltorios a base de sales de plomo es otra fuente de contaminación a considerar (Sanz-Gallén y Marqués, 1995). Pero, el uso del plomo como aditivo antidetonante es lo que más ha contribuido a su acumulación en el medio ambiente, pues el metal procedente de las gasolineras supone el 76% de sus emisiones a la atmósfera (Moline *et al.*, 1999). Las notables evidencias del daño inducido por la exposición al plomo obligaron a que en 1980 en Estados Unidos, se restringiera el uso de tetraetilo de plomo en las gasolineras, como una medida de control para reducir la contaminación ambiental, por lo que actualmente la población expuesta e intoxicada con el metal se concentra básicamente en industrias o actividades laborales que emplean compuestos de plomo, en sus trabajadores o en las poblaciones cercanas a las mismas (Calderón y Maldonado, 2008). Por otra parte, existen reportes que mencionan que los hongos poseen habilidades de captación de metales pesados, gracias a que en su pared celular contienen diversos componentes quelantes tales como grupos carboxilos, fosfatos, amidas, tioles, hidroxilos, quitina, gluco-proteínas, las cuales jugarían un rol importante en la bioadsorción de metales pesados (Enamorado *et al.*, 2011), por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar la capacidad de diferentes biomasa fúngicas en la biosorción de plomo en solución.

Materiales y método

Se analizó la remoción del metal con los siguientes hongos: *Aspergillus flavus* I-V, *Aspergillus*

fumigatus I-II, *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Mucor* sp-1-2, *Helmintosporium* sp, *Mucor rouxii* IM 80, *M. rouxii* mutante (resistente a cobre y plomo) y *Cladosporium* sp, aislados de diferentes sitios contaminados con metales pesados. La biomasa celular se obtuvo sembrando 1×10^6 esporas/200 ml en medio de caldo tioglicolato, incubando 5 días a $30 \text{ }^\circ\text{C}$, en un baño a 100 rpm. La biomasa obtenida es separada del medio por filtración, después se lava con agua tridesionizada estéril, se seca 4 h a $80 \text{ }^\circ\text{C}$, y finalmente se muele y se guarda en un frasco ámbar en refrigeración hasta su uso.

Para los estudios de biosorción, se preparan una serie de soluciones de plomo [$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$] de 100 mg l^{-1} , se ajusta el pH con ácido nítrico y la cantidad de biomasa añadida a cada matraz es de $1.0 \text{ g}/100 \text{ ml}$ de solución de plomo. Se toman muestras a determinados tiempos, la biomasa es removida por centrifugación ($3000 \text{ rpm}/5 \text{ min}$) y el sobrenadante es analizado para determinar la concentración del ión metálico por el método colorimétrico de la Ditizona, con la que se forma un complejo de ditizonato de plomo de color rojo cereza, el cual se lee a una absorbancia de 510 nm , con una concentración mínima detectable de plomo de $1.0 \text{ } \mu\text{g}/10 \text{ ml}$ de solución de ditizona.

Resultados

Los quince hongos analizados, biosorben Plomo en diferentes proporciones a un pH óptimo de 6.0 y 12 h de incubación, siendo el más eficiente el *M. rouxii* IM-80, (100%), seguido de *M. rouxii* mutante (94.1%), *Mucor* sp II y I (93.2% y 86.3), además de otras biomasa en porcentajes más bajos (Tabla 1). Inicialmente, se analizó el efecto del pH y tiempo de incubación sobre la remoción de 100 mg l^{-1} de plomo con un gramo de biomasa de *M. rouxii* IM 80, encontrando que la mayor remoción se obtiene a un pH de 6.0 (100%), a las 12 horas de incubación, seguido del de 5.0 y 4.0 con los mismos porcentajes de remoción a las 24 y 28 horas, respectivamente (Tabla 2).

Con respecto a la temperatura de incubación, se encontró que a medida que se aumenta ésta, disminuye la capacidad de biosorción del metal, pues a temperaturas de $30 \text{ }^\circ\text{C}$, $35 \text{ }^\circ\text{C}$ y $40 \text{ }^\circ\text{C}$, se obtienen porcentajes de remoción de 100%, 66.7% y 64.9% respectivamente (Tabla 3), y cuando se aumenta la concentración del metal y del

Tabla 1. Remoción de plomo por las biomásas de los hongos analizado.

Biomasa analizada*	Porcentaje de remoción de plomo
<i>Mucor rouxii</i> IM-80	100
<i>Mucor rouxii</i> mutante	94.1
<i>Mucor</i> sp 2	93.2
<i>Muco</i> rsp 1	86.3
<i>Cryptococcus neoformans</i>	68.1
<i>Aspergillus flavus</i> V	60.2
<i>Hemintosporium</i> sp	57.0
<i>Aspergillus fumigatus</i> II	54.0
<i>Aspergillus fumigatus</i> I	39.0
<i>Cladosporium</i> sp	36.1
<i>Candida albicans</i>	21.2
<i>Aspergillus flavus</i> I	17.4
<i>Aspergillus flavus</i> II	10.3
<i>Aspergillus flavus</i> III	9.4
<i>Aspergillus flavus</i> IV	4.1

*100 mg l⁻¹ de plomo. pH 6.0. 28 °C. 100 rpm. 12 horas de incubación.**Tabla 2. Efecto del pH sobre el porcentaje de remoción de plomo en solución por la biomasa del hongo *Mucor rouxii* IM-80*.**

Tiempo de incubación (h)	pH**				
	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0
0	0	0	0	0	0
1	3	35.3	37	41	44.9
2	5	40.7	42	47.9	51.9
4	5	41.3	49	52.7	55.7
6	7	47.8	54	58.4	64
8	7	69.6	72.7	78	81.9
12	7	72.1	77.3	84.1	100
24	7	96.2	98.8	100	
28	8	99.5	100		
30	10	100			

*100 mg l⁻¹ de Plomo. 28 °C. 100 rpm. 1 g biomasa.

**Los resultados están dados en %.

Tabla 3. Efecto de la temperatura de incubación sobre el porcentaje de remoción de plomo en solución por la biomasa del hongo *Mucor rouxii* IM-80*.

Tiempo de incubación (h)	Temperatura (°C)**		
	28	35	40
0	0	0	0
1	44.9	33.9	29.8
2	51.9	43.7	35.9
4	55.7	49.2	44.7
6	64	55.7	51.9
8	81.9	65.9	59.7
12	100	66.7	64.9

*100 mg l⁻¹ de plomo. pH 6.0. 100 rpm. 1 g biomasa.

**Los resultados están dados en %.

biosorbente, aumenta ligeramente la remoción del mismo (Tablas 4 y 5).

Discusión

Con respecto al tiempo de incubación sobre la remoción de plomo, nuestros resultados son

menores a los obtenidos por Pauro Roque *et al.* (2009) para la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, quienes reportan una remoción del 90.16% a los 120 minutos, pero son mayores a los reportados por Morales Fonseca *et al.* (2010) quienes reportan un 95% de remoción a los 5 días con el hongo *Phanerochaete chrysosporium*.

Tabla 4. Efecto de la concentración de plomo sobre el porcentaje de remoción del mismo, por la biomasa del hongo *Mucor rouxii* IM-80 *. pH 6.0. 28°C. 100 rpm. 1 g biomasa.

Tiempo de incubación (h)	Concentración de plomo (mg 100 l ⁻¹)				
	100	200	300	400	500
0	0	0	0	0	0
1	44.9	48.8	51.7	54.9	56.9
2	51.9	55.9	56.9	57.7	60.7
4	55.7	59.7	63.3	66.9	71.6
6	64	67.7	71.9	76.8	80.7
8	81.9	86.8	90.7	92.7	94.9
10	85.1	90.3	94.1	100	100
12	100	100	100	100	100

*pH 6.0. 28°C. 100 rpm. 1 g biomasa.

**Los resultados están dados en %.

Tabla 5. Efecto de la concentración de la biomasa del hongo *Mucor rouxii* IM-80 sobre la remoción de plomo.

Tiempo de incubación (h)	Concentración de biomasa (g)				
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
1	44.9	51.7	68.1	73.3	68.5
2	51.9	56.3	72.6	82.9	85.9
4	55.7	64.9	72.6	82.9	85.9
6	64	67.6	79.1	90.7	95.7
8	81.9	86.8	92.7	100	100
10	85.1	100	100		
12	100				

*100 mg l⁻¹ de plomo. pH 6.0. 28°C. 100 rpm.

**Los resultados están dados en %.

El pH del medio afecta la solubilidad de los iones metálicos y el estado de ionización de los grupos funcionales: carboxilato, fosfato y grupos amino que se encuentran en la pared celular fúngica (Arica *et al.*, 2003). Para pH's ácidos, menores de 4, se favorece la protonación de los grupos funcionales de la pared celular del microorganismo, lo cual inhibe la biosorción de plomo. Por el contrario, con el incremento del pH entre 4 y 6 aumenta la densidad de carga negativa de la superficie del material debido al efecto inverso de desprotonación de los sitios de interacción provocando el incremento de la biosorción del metal. Consecuentemente, el pH seleccionado fue 6, resultados que son diferentes al pH de 5.0 reportado por Morales Fonseca *et al.* (2010) para la biosorción de plomo por *P. chrysosporium*, Kapoor Viraraghavan (1998), para la biosorción de Cd, Cu, Pb y Ni en *Aspergillus niger*, mientras que Španělová *et al.* (2003), reportaron un pH de 6.0 para la biosorción de Cd y Pb por *A. niger*. Con respecto a la temperatura de incubación, se encontró que la mayor remoción se obtuvo a 30 °C. Estos resultados son similares a lo reportado por Leyva *et al.* (2011) para la biosorción de plomo por

diferentes tipos de carbón activado. A medida que se aumenta la concentración del metal no se observan diferencias en la remoción del mismo, lo cual coincide con lo reportado por Pauro Roque *et al.* (2009) para la levadura *S. cerevisiae*, y con los de Enamorado *et al.*, (2011) para la biomasa inactiva de *A. niger* 0-5, y con los de (Jha *et al.*, 2009) para *L. variegata*, y esto puede deberse a un aumento en el número de iones que compiten por los sitios disponibles y/o a la carencia de sitios activos en la biomasa a altas concentraciones del metal. También a medida que se aumenta la concentración del biosorbente, aumenta la capacidad de biosorción del metal, lo cual coincide con de Enamorado *et al.* (2011) para la biomasa inactiva de *A. niger* 0-5, debido a que hay más sitios activos para la remoción del plomo. Los hongos analizados bioadsorben diferentes porcentajes, y esto se debe, tal vez, a la diferente constitución de la pared celular de las biomásas estudiadas, y estos resultados son similares a algunos reportes de la literatura: Pauro Roque *et al.* (2009); Enamorado *et al.* (2011); (Jha *et al.*, 2009).

Conclusiones

Las biomásas analizadas remueven eficientemente el Plomo (II) en solución, sobre todo los mucorales (*M. rouxii* IM-80, 100%, *M. rouxii* mutante, 94.1%, *Mucor* sp II y I, 93.2% y 86.3%, a las 12 horas de incubación), los cuales tienen principalmente quitina en su pared celular, y a la cual aparentemente se une el metal a través del grupo amino de la misma. De las otras biomásas analizadas, la levadura *C. albicans* (21.2%), y las especies de *Aspergillus* (4.1% a 17.4%), fueron las que tuvieron menor eficiencia de remoción del metal. Además, la remoción es dependiente de pH (6.0 es el óptimo), temperatura (30 °C), concentración del biosorbente, y no hay diferencias en la remoción con diferentes concentraciones del metal. La aplicación de estas tecnologías para la remoción del Plomo y otros metales pesados en solución, para la purificación de aguas residuales y/o recuperación de metales preciosos, presenta un gran potencial, pues las biomásas son naturales, se pueden obtener en grandes cantidades, son económicas, y pueden remover selectivamente diferentes iones metálicos de soluciones acuosas.

Bibliografía

- Arica, M. Y., Ergene, A., Bayramoglu, G. & Genc, O. 2003. Calcium alginate as a support for Pb(II) and Zn(II) biosorption with immobilized by *Phanerochaete chrysosporium*. Carbohydrate Polymers. 52: 167-174.
- ARTSDR (Agency for toxic Substances and Disease Registry) (1993). "Toxicological profile for lead". U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta.
- Calderón Salinas, J.V. & Maldonado Vega, M. (2008). Contaminación e intoxicación por plomo. Trillas, D.F., México, pp. 21-28.
- Enamorado Horrutiner, Y., Villanueva Tagle, M., Hernández Díaz, I., Coto Pérez, O. & Pomares Alfonso, M.S. 2011. Caracterización de la biomasa inactiva de *Aspergillus niger* 0-5 como sorbente de Pb (II). Química Viva, 34 (7): 1141-1146.
- Jha, B., Basha, S., Jaiswar, S., Mishra, B. & Thakur, M.C., 2009. Biosorption of Cd(II) and Pb(II) onto brown seaweed, *Lobophora variegata* (Lamouroux): kinetic and equilibrium studies. Biodegradation. 20:1-13.
- Kapoor, A. & Viraraghavan, T. 1998. Biosorption of heavy metals on *Aspergillus niger*: effect of pretreatment. Bioresource Technology 63: 109-113.
- Leyva-Ramos, R., Berber-Mendoza, M.S., Salazar-Rabago, J., Guerrero-Coronado, R.M. & Mendoza-Barrón, J. 2011. Adsorption of lead(II) from aqueous solution onto several types of activated carbon fibers. Adsorption. 17: 515-526.
- Moline, J.M., Golden, A.L. & Todd, A.C. 1999. Lead exposure among young urban woman. Salud Pública de México. 41: 82-97.
- Morales-Fonseca, D., Ruiz-Tovar, K., Martínez-Salgado, M.M., Soto-Guzmán, A.B., Falcony-Guajardo, C., Rodríguez Vázquez, R. & Pedroza-Rodríguez, A.M. 2010. Desarrollo de un bioadsorbente laminar con *Phanerochaete chrysosporium* hipertolerante al cadmio, al níquel y al plomo para el tratamiento de aguas. Revista iberoamericana de Micología. 23 (3): 111-118.
- Pauro Roque, J.J., Choque Yucra, M., Poccohuanca Aguilar, R. & Mamani Canqui, A. 2009. Estudios de bioadsorción de plomo por *Saccharomyces cereviceae* en soluciones acuosas. Revista Colombiana de Biotecnología. XI (1):33-39.
- Sanz-Gallén, R. & Marqués, R. 1995. "Riesgo y patología por compuestos de plomo". En: P. Sanz-Gallén, J. Izquierdo y A. Prat (eds), Manual de Salud Laboral. Springer-Verlag Ibérica, Barcelona, pp. 99-106.
- Španělová, M., Machovič, V. & Březina, B. 2003. Characterization and sorption properties of *Aspergillus niger* waste biomass. Central European Journal of Chemistry. 1 (3): 192-200.