

Tratamiento de agua proveniente de tenerías mediante biorremediación

Bravo Jiménez Vianey Guadalupe de Jesús¹, Montañez Cervantes Alicia Monserrat¹, Herrera Chávez Sonia¹, Vázquez Díaz Martha Alejandra², Peralta Hernández, Juan Manuel¹

¹División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato, ²Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra

Resumen

En la actualidad se cuenta con una amplia gama de compuestos xenobióticos, los cuales pueden resultar tóxicos para los seres vivos, dichos compuestos se pueden encontrar comúnmente en los pigmentos. Estos colorantes una vez utilizados en las tenerías, son vertidos en el agua, lo cual tiene un impacto muy grande en el medio ambiente. La metodología utilizada en el presente trabajo consistió en realizar una búsqueda bibliográfica sobre los trabajos realizados en esta área relativamente nueva. Los resultados indican que recientemente no se han realizado muchas investigaciones al respecto, asimismo, se encontró que existen tres métodos para el tratado de agua por métodos biológicos, los cuales son bioadsorción, biodegradación y enzimáticos. Dichos procesos son llevados a cabo principalmente por dos grupos de microorganismos; las bacterias y los hongos. Sin embargo, el ser de forma tan natural, llevan más tiempo de lo esperado, por lo cual se puede recurrir a la ingeniería genética para optimizar dichos procesos.

Palabras clave: pigmentos; tratamiento de agua; biorremediación; microorganismos.

Introducción

Dentro de los compuestos xenobióticos, los colorantes de tipo azo son de importancia debido a que son ampliamente utilizados en diferentes tipos de industrias, como la textil. Durante los procesos de teñido, se desechan ciertas cantidades de colorantes que son vertidos en las aguas residuales. La presencia de colorantes en el agua no solamente es un problema estético, sino que además interfieren en el proceso fotosintético que realizan algunos organismos (Soares *et al.* 2000). Para la biorremediación de aguas contaminadas con colorantes se han utilizado organismos aislados de entornos contaminados, consorcios microbianos o enzimas aisladas de estos sistemas biológicos (Kandelbauer & Guebitz 2005).

La biodegradación de colorantes se lleva a cabo mediante distintos procesos (ver Tabla 1). Se pueden utilizar cultivos mixtos que contengan dos grupos generales de especies, el primero conformado por organismos que no participan en la degradación del colorante, pero que estabilizan el consorcio microbiano, y un segundo grupo que incluya a las especies involucradas en el rompimiento del grupo funcional de la molécula y la transformación de los productos metabólicos resultantes. Otra manera de llevar a cabo la biodegradación es mediante microorganismos aislados que son capaces de degradar los colorantes. Por último, para llevar a cabo la biodegradación se puede emplear la remediación enzimática (Kandelbauer & Guebitz 2005).

Tabla 1. Métodos biológicos para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil. Recuperado y modificado de Cortazar-Martínez et al. 2012

Método	Ventajas	Desventajas
Bioabsorción	La biomasa microbiana puede usarse para absorber y remover colorantes de las aguas residuales. El proceso de absorción puede ir acompañado de una biodegradación.	Este método aún está en etapa de investigación, por lo que no se ha utilizado para tratar grandes volúmenes de agua. También ocasiona problemas en cuanto a la disposición de la biomasa con los colorantes absorbidos.
Biodegradación	Se han aislado microorganismos con la capacidad de degradar diversos colorantes. Se han utilizado consorcios mixtos en sistemas combinados aeróbicos/anaeróbicos para remover colorantes, así como sistemas con células inmovilizadas.	Es necesaria más información fisiológica y genética. Se requiere una larga fase de aclimatación y se presenta resistencia a compuestos recalcitrantes.
Enzimático	Las preparaciones de lacasas y peroxidasas ofrecen un método para la decoloración de aguas residuales. Requiere tiempos cortos de contacto. Es muy eficiente para ciertos compuestos.	Es necesario un mayor análisis sobre los subproductos que se generan, estudios de escalamiento y una evaluación económica para poder aplicarse comercialmente. El aislamiento y purificación de las enzimas es difícil. Las enzimas se ven afectadas por un gran número de variables presentes en el agua residual.

Más de diez mil diferentes tipos de pigmentos y colorantes sintéticos son usados en diferentes industrias como la textil, papelería, cosmética, farmacéutica o curtiduría. Dependiendo del tipo de colorante, se estima que del 2 al 50 % de estos compuestos se desechan en las aguas residuales y se consideran como contaminantes persistentes que no pueden removerse con los métodos convencionales de tratamiento de aguas, debido a que presentan estructuras complejas y a su origen sintético (Kuhad et al. 2004; Días et al. 2007; Dos Santos et al. 2007). Los colorantes están formados por un grupo de átomos responsables del color (cromóforos). Los grupos cromóforos más comunes son los azo (-N=N-), carbonilo (C=O), metilo (-CH₃), nitro y grupos quinoides (ver Figura 1). Los colorantes también pueden contener otros grupos que incrementan la intensidad del color y que pueden ser de tipo reactivo, ácidos, directos, básicos, dispersos, aniónicos, sulfuros, entre otros. (Christie 2001; Días et al. 2007;).

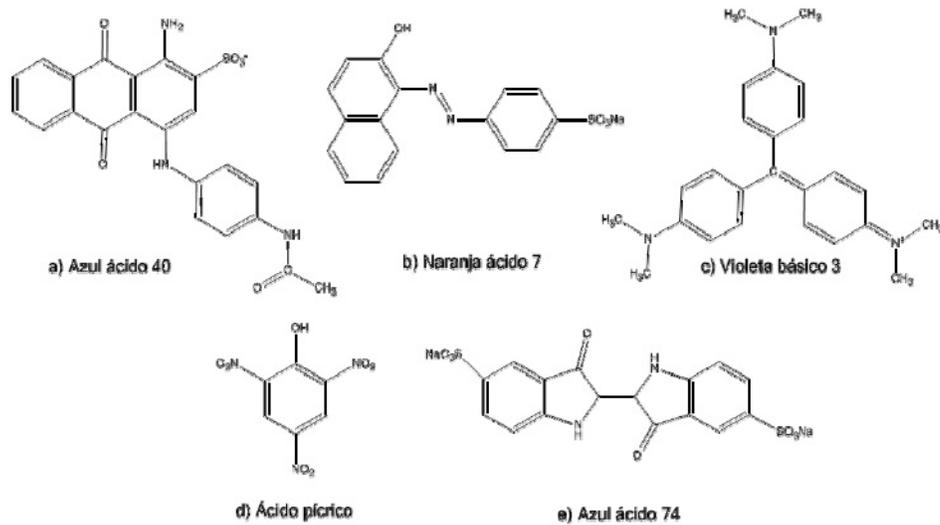


Figura 1. Ejemplo de algunos colorantes textiles y sus clases de cromóforos: (a) antraquinona, (b) azo, (c) triarilmetano, (d) nitro y (e) índigo. Recuperado de Cortazar-Martínez et al. 2012.

Se ha demostrado que ciertos colorantes azo pueden ser carcinogénicos y mutagénicos, además de que sus productos de degradación pueden resultar más tóxicos (Brown & DeVito 1994; Ramsay & Nguyen 2002; Giordano et al. 2005; Gavril & Hodson 2007).

Metodología

- I. Se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos nacionales e internacionales (como Science Direct, Google Scholar, Research Gate, entre otros), dicha información se procuró que fuera lo más reciente posible.
- II. Lectura de artículos científicos.
- III. Selección de artículos.

Resultados

En la Tabla 2 se muestran algunos ejemplos de microorganismos empleados para el tratamiento biológico de colorantes, donde cada uno de ellos presentan diferentes mecanismos de acción, los cuales dependen de su naturaleza, aunado a ello, se sugiere que al realizar las respectivas investigaciones se optimicen las condiciones para una mayor eficiencia en los resultados, así como la reducción de costos.

Tabla 2. Microorganismos utilizados en el tratamiento de colorantes y su mecanismo de acción propuesto para la decoloración Recuperado y modificado de Cortazar-Martínez et al. 2012

	Especie	Mecanismo	
Bacterias	Citrobacter sp.	Biodegradación-bioabsorción	
	Proteus mirabilis	Biodegradación-bioabsorción	
	Streptomyces sp.	Enzimático	
	S. chromofuscus	Enzimático	
	Shewanella decolorationis	Reducción anaeróbica	
	Proteus vulgaris	Reducción anaeróbica	
	Pseudomonas mendocina	Biodegradación aerobia	
	Bacillus subtilis	Biodegradación aerobia	
	Hongos	Funalia trogii	Adsorción-biodegradación
		Aspergillus niger	Adsorción-biodegradación
Phanerochaete chrysosporium		Enzimático	
Pleurotus ostreatus		Enzimático	
Trametes versicolor		Biosorción enzimática	

Por otra parte, en la Tabla 3 se resumen los mecanismos de acción de los procesos biológicos descritos en la Tabla 1.

Tabla 3. Breve descripción de los métodos biológicos para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil. Recuperado y modificado de Cortazar-Martínez et al. 2012

Método	Descripción
Bioabsorción	Al proceso que utiliza a la biomasa, se le conoce como biosorción; en este proceso la decoloración se alcanza por la saturación y posterior biosorción del colorante sobre las células, ocurriendo esto con o sin biodegradación del contaminante. Algunas especies de bacterias y hongos han sido reportadas por su capacidad para remover colorantes utilizando el proceso de adsorción. En algunos casos, el mecanismo de decoloración implica, además de la biosorción, un proceso de degradación enzimática.
Biodegradación	Un gran número de bacterias reducen los enlaces azo de los colorantes textiles, este proceso es el paso inicial en la degradación bacteriana de colorantes de tipo azo o de otro tipo. La decoloración de colorantes azo puede llevarse a cabo de manera aerobia o anaeróbica. La azorreducción puede ser estimulada por la adición de inductores como el CaCl ₂ o co-sustratos como la glucosa. Se han reportado algunas bacterias que pueden romper el enlace azo de algunos colorantes bajo condiciones anaerobias, dando lugar a la decoloración y formación de aminas aromáticas. La velocidad de degradación depende numerosos factores, tales como: el pH, la temperatura, los nutrientes, así como de la especificidad de la enzima por el sustrato.
Enzimático	Las células vivas se consideran como un reactor de decoloración en miniatura. Esta decoloración puede ser resultado de la retención física del colorante en la biomasa o de la transformación bioquímica del colorante a través del metabolismo celular. Algunas de las enzimas que se utilizan en la degradación de colorantes son lacasas, peroxidasas, monooxigenasas y dioxigenasas entre otras.

Conclusión

La biorremediación ha llamado mucho la atención en el campo de las ciencias ambientales. Los microorganismos capaces de degradar compuestos xenobióticos presentan dos problemas: la velocidad de degradación es baja y la degradación de mezclas de xenobióticos requieren de diferentes especies microbianas. La ingeniería metabólica ofrece la posibilidad de construir vías de degradación de xenobióticos completamente nuevas a partir de la introducción de diferentes enzimas provenientes de varios organismos.

Bibliografía/Referencias

- Brown MA, De Vito SC (1993) Predicting azo dye toxicity. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 23: 249-324.
- Cortazar-Martínez, A, González-Ramírez, CA, Coronel-Olivares, C, Escalante-Lozada, JA, Castro-Rosas, J, & Villagómez-Ibarra, JR. (2012). Biotecnología aplicada a la degradación de colorantes de la industria textil. *Universidad y ciencia*, 28(2), 187-199.
- Christie R (2001) *Colour Chemistry*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom.
- Dias AD, Sampaio A, Bezerra RM (2007) Environmental applications of fungal and plant systems: decolorisation of textile wastewater and related dyestuffs. En: *Environmental Bioremediation Technologies* (Editores Singh SN & Tripathi RD) Springer Berlin Heidelberg. 445-463.
- Dos-Santos A, Cervantes F, Van-Lier J (2007) Review paper on current technologies for decolorisation of textile wastewaters: Perspectives for anaerobic biotechnology. *Bioresour. Technol.* 98: 2369-2385.
- Gavril M, Hodson PV (2007) Investigation of the Toxicity of the Products of Decoloration of Amaranth by *Trametes versicolor*. *J. Environ. Qual.* 36: 1591-1598.
- Giordano A, Grilli S, De Florio L, Mattioli D (2005) Effect of selected textile effluents on activated sludge nitrification process. *J. Environ. Sci. Health A. Tox. Hazard Subst. Environ. Eng.* 40: 1997-2007.
- Kandelbauer A, Guebitz GM (2005) Bioremediation for the decolorization of textile dyes - a review. En: *Environmental Chemistry* (Editores: Lichtfouse E, Dudd S, Robert D) Springer Berlin Heidelberg. 269-288.
- Kuhad RC, Sood N, Tripathi KK, Singh A, Ward OP (2004) Developments in microbial methods for the treatment of dye effluents. *Adv. Appl. Microbiol.* 56: 185-213.
- Ramsay JA, Nguyen T (2002) Decoloration of textile dyes by *Trametes versicolor* and its effect on dye toxicity. *Biotechnol. Lett.* 24: 1757-1761.
- Soares GMB, Hrdina R, Pessoa de Amorim MT, Costa-Ferreira M (2002) Studies on biotransformation of novel disazo dyes by laccase. *Proc. Biochem.* 37: 581-587.