

# Decoloración del colorante disperso Azul Navy contenido en un efluente textil

Osornio Paz Karina, Ávila Jiménez Miguel, Castañeda Briones María Teresa, Cruz Colín María del Rocío Espinoza-Castañeda Marisol

Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Básicas. Av. San Pablo No. 180, Azcapotzalco, Ciudad de México, C.P. 02200. México.

\*Autor para correspondencia: [miaj@azc.uam.mx](mailto:miaj@azc.uam.mx)

**Recibido:**

20/marzo/2020

**Aceptado:**

31/octubre/2020

**Palabras clave:**

Biodecoloración,  
hongos ligninolíticos,  
azul navy

**Keywords:**

biodiscoloration,  
ligninolytic fungi,  
navy blue

**RESUMEN**

Se evaluó la capacidad de decoloración de dos hongos ligninolíticos; M1 y F sobre el colorante disperso Azul Navy presente en un efluente resultante del proceso de estampado y en una solución colorante. Previo al tratamiento, los hongos se desarrollaron en medio salino durante 15 días a temperatura ambiente. Los porcentajes de decoloración en la solución fueron de  $75.7 \pm 5.7$  con M1 y  $42.2 \pm 2.2$  con F. El tratamiento biológico del efluente se realizó en tres condiciones: estéril, no estéril y filtrado. Los mejores porcentajes de decoloración fueron en el efluente no estéril;  $46.6 \pm 1.9$  con M1 y  $35.0 \pm 3.0$  con F.

**ABSTRACT**

The discoloration capacity of Navy Blue dye by two ligninolytic fungi was evaluated. An effluent with dye obtained of a stamped process and a colored solution were used. Previous to treatment, the fungi were growth in saline medium for 15 days at room temperature. The percentages of discoloration for the colored solution were  $75.7 \pm 5.7$  with M1 and  $42.2 \pm 2.2$  with F. The biological treatment of effluent was carried out for three conditions: sterile, no sterile and filtrated. The best percentages of discoloration were for no sterile effluent;  $46.6 \pm 1.9$  with M1 and  $35.0 \pm 3.0$  with F.

## Introducción

La industria Textil es una de las más importantes en México, tanto en términos de generación de empleo como de su contribución a la economía y a la industria nacional. Por mencionar un dato, en 2019 aportó 133 mil 407 millones de pesos (mdp) al Producto Interno Bruto (PIB) nominal del país. Esta Industria concentra empresas dedicadas a la fabricación de telas, acabados de productos textiles y fabricación de telas recubiertas, preparación e hilado de fibras textiles y fabricación de hilos (Logística y Comercio Exterior, 2020).

Dentro de los principales procesos que la Industria textil aplica para dar tratamiento a fibras celulósicas y sintéticas, se encuentra el de, acabado, tinción y estampado. Estos últimos son de los más contaminantes ya que para aumentar su eficiencia utilizan emulsionantes, solventes orgánicos e inorgánicos y sobretodo, colorantes.

Los colorantes o pigmentos son sustancias orgánicas capaces de teñir las fibras textiles; éstos pueden clasificarse de acuerdo a su estructura química o de acuerdo a su método de aplicación. La clasificación por estructura química incluye colorantes azoicos, trifenilmetano y antraquinónicos, entre otros. Los colorantes ácidos, básicos, directos, dispersos y reactivos pertenecen a la clasificación de uso (Buitrón et al., 2004).

El impacto ambiental que causa este sector es variado, pero el color es el primer signo contaminante que se observa en sus aguas residuales provocando reducción de la transparencia y disminución del oxígeno disuelto, lo que dificulta la función fotosintética de las plantas (Miranda, 2012). La eficiencia de los procesos en la industria textil es directamente proporcional a las características fisicoquímicas de los efluentes generados.

Los efluentes provenientes de esta industria contienen compuestos químicos residuales, con elevada toxicidad y limitada posibilidad de biodegradación en los ecosistemas naturales (Anjaneyulu et al., 2005; Mahmoodi et al., 2009). Los colorantes residuales poseen un aumento en la firmeza, estabilidad y resistencia a la degradación del color lo cual ha provocado que la concentración no disminuya, aún después del tratamiento convencional de estos efluentes (Anjaneyulu et al., 2005; Mahmoodi et al., 2009).

El tratamiento de las aguas residuales de la industria textil se puede realizar mediante métodos fisicoquímicos como: tratamiento con ozono, reacciones fotoquímicas, adsorción con carbón activado, intercambio iónico y filtración con membranas y biológicos. En las últimas décadas se han desarrollado tratamientos biológicos de aguas residuales utilizando microorganismos. En estos

procesos biológicos se utiliza con frecuencia a los hongos de pudrición blanca o ligninolíticos, cuyo nombre proviene de la apariencia parda o blanquecina de la madera luego de ser atacada por estos microorganismos. Los hongos ligninolíticos tienen la capacidad de degradar compuestos orgánicos aromáticos y organoclorados similares a la estructura de los colorantes textiles (Cortazar et al., 2012; Supaka et al., 2004).

El propósito del presente trabajo fue evaluar la capacidad para decolorar el colorante disperso Azul Navy en solución y en un efluente proveniente del proceso de estampado, mediante dos hongos ligninolíticos.

El proceso de estampado comienza con el diseño, se asigna un dibujo. En función del número de colores que contenga el dibujo se graban los cilindros, cada cilindro stampa un color. Los cilindros y la tela preparada se colocan en una máquina estampadora la cual trabaja a una velocidad aproximada de 11 m/min. Al terminar el estampado la tela pasa a una máquina vaporizadora que, a una temperatura de 190 °C fija el color. Posteriormente, a la tela se le quita el exceso de color en una máquina llamada Mezzera, dependiendo del tipo de colorante, se utilizan diferentes productos industriales para lavarla. La tela, ya sin exceso de color, se hace pasar por otra máquina que le brinda el acabado que el cliente solicitó como es ancho, peso y tacto.

## Metodología

El efluente utilizado en este proyecto se tomó del proceso de lavado de la tela, de una maquina conocida como Mezzera. Para eliminar el exceso de colorante, la tela fue lavada con sosa cáustica, hipoclorito de sodio y Afcron.

El colorante Azul Navy (AN) utilizado en el estampado de la tela se obtuvo de la mezcla de tres colorantes: Azul F-Oro, Rojo SBL y Negro SBL. Los colorantes son dispersos.

## Caracterización del efluente

La caracterización del efluente de la Mezzera se realizó midiendo los parámetros que se establecen en la NOM-014-ECOL-1993: pH, DQO, grasas y aceites y sólidos suspendidos totales. Los métodos se ejecutaron con base a las Normas Mexicanas referenciadas en la NOM-002-SEMARNAT-1996. Cada determinación se realizó por triplicado. La concentración de colorante se determinó espectrofotométricamente desarrollando previamente una curva de calibración del colorante a 570 nm en un espectrofotómetro Shimadzu UV 1800.

Los hongos ligninolíticos fueron identificados como M1 y F los cuales fueron aislados de residuos de caña y de madera, respectivamente. Se realizó la resiembra de un tubo de agar inclinado a una botella Roux con agar extracto de malta estéril. El crecimiento de los hongos en

botella Roux fue durante dos semanas a temperatura ambiente. A partir de cada cultivo de los hongos desarrollados se preparó una suspensión de esporas utilizando un medio salino estéril. La composición del medio salino por litro fue la siguiente: 5 g de dextrosa ( $C_6H_{12}O_6$ ), 2 g de fosfato de potasio monobásico ( $KH_2PO_4$ ), 0.5 g de sulfato de magnesio heptahidratado ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ), 0.1 g de cloruro de calcio ( $CaCl_2$ ) y 0.5 g de tartrato de amonio ( $(NH_4)_2 C_4H_4O_6$ ).

### Tratamiento de la solución

Por triplicado y en condiciones de asepsia, se prepararon los biorreactores de acuerdo a la tabla 1 y se incubaron durante dos semanas a temperatura ambiente para el crecimiento de los hongos antes de ser expuestos a la solución de colorante de acuerdo a Ávila y colaboradores (2017). Posteriormente, se agregaron 50 mL de la solución colorante estéril. La concentración de AN inicial en los biorreactores fue  $2.4 \pm 0.33$  y  $9.6 \pm 0.25$  ppm, respectivamente para M1 y F.

**Tabla 1.** Diseño experimental del tratamiento en solución.

identificación biorreactor	Medio salino (mL)	Inóculo (mL)	Observaciones
As	90	10	Tratamiento en solución
T1s	90	10	Testigo hongo
T2s	100	--	Testigo colorante

A este tratamiento se le dio seguimiento midiendo la concentración de colorante remanente mediante espectrofotometría. En condiciones de asepsia, al inicio y cada tercer día durante 14 días, se tomó un mililitro de muestra de los biorreactores As, se centrifugó durante 15 minutos a 10,000 rpm y se obtuvo el espectro de absorción de 190 a 800 nm. El seguimiento de los biorreactores T1s y T2s se realizó al inicio, mitad y final del tratamiento.

### Tratamiento del efluente

Para el tratamiento del efluente se aplicó la metodología descrita anteriormente, se prepararon los biorreactores de acuerdo a la tabla 2 y se dejaron crecer durante dos semanas. Después, se agregaron 100 mL del efluente en tres condiciones diferentes: no estéril, estéril y filtrado (Rodríguez, 2018). El efluente se esterilizó en autoclave y el filtrado fue a través de papel. Se utilizó el efluente no estéril (Ben) para evaluar la posibilidad de aplicarlo directamente. El tratamiento con el efluente estéril (Cee) permitió evaluar la actividad de los hongos sobre el efluente. En el efluente filtrado (Def) se evaluó el efecto de los sólidos suspendidos en la decoloración. El propósito del testigo T1en fue observar si se realizaba la

decoloración sin la presencia de los hongos M1 y F. El testigo T2ee se utilizó como referencia.

**Tabla 2.** Diseño experimental de biorreactores con efluente.

identificación biorreactor	Medio salino (mL)	Inóculo (mL)	observaciones
Ben	90	10	Efluente no estéril
Cee	90	10	Efluente estéril
Def	90	10	Efluente filtrado
T1en	100	--	Testigo efluente no estéril
T2ee	100	--	Testigo efluente estéril

## Resultados y discusión

### Caracterización del efluente

En la tabla 3 se presentan los resultados de la caracterización del efluente y los Límites Máximos Permisibles (LMP) de acuerdo a la NOM-002-SEMARNAT-1996. Los parámetros evaluados cumplen con la normativa vigente. Los sólidos suspendidos totales es el parámetro más cercano al LMP y consiste de residuos de fibra que se generan durante el proceso de producción.

**Tabla 3.** Resultados de la caracterización del efluente.

Parametro	Mezera	NOM-002-SEMARNAT-1996 LMP
pH	$8.09 \pm 0.030$	5.5 - 10.0
DQO (mg/L)	$44.2 \pm 1.65$	240
Grasas y aceites (mg/L)	$34.2 \pm 12.07$	100
Solidos suspendidos totales (mg/L)	$118.7 \pm 60.7$	125

La curva de calibración del colorante AN se determinó a 570 nm y fue lineal en el intervalo de 0 a 270 ppm, el coeficiente de correlación (R) resultó ser 0.99991. La concentración del colorante AN en el efluente fue  $17.4 \pm 1.7$  ppm.

### Tratamiento de la solución

Los dos hongos utilizados en los tratamientos se desarrollaron de diferente forma en los biorreactores. El hongo M1 creció en la parte media con una morfología algodonosa blanca y el hongo F creció en la superficie, presentando elevación convexa de color verde olivo y contorno blanco.

En el tratamiento con el hongo M1 se observó una ligera decoloración en los primeros cinco días, enseguida de esto la velocidad de decoloración aumentó y se mantuvo hasta el final del tratamiento (Figura 1). El hongo F llevó a cabo la decoloración hasta el día 5 (Figura 2). Los testigos de colorante (T2s) desarrollados para este tratamiento mostraron una ligera decoloración.

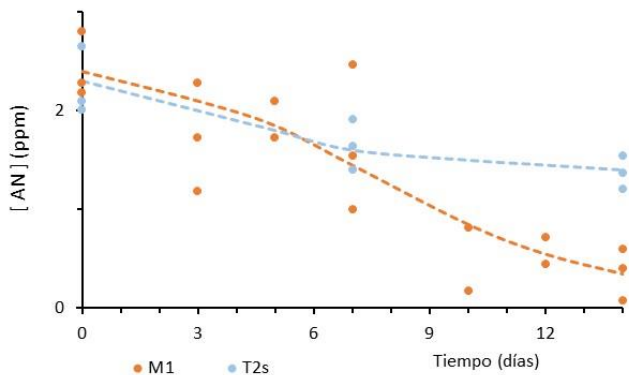


Figura 1. Tratamiento de decoloración de la solución de AN con el hongo M1.

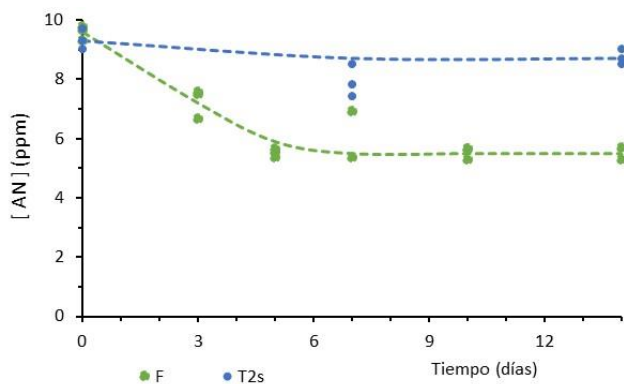


Figura 2. Tratamiento de decoloración de la solución de AN con el hongo F.

En la tabla 4 se presentan los porcentajes de decoloración de los tratamientos. La concentración inicial de AN en los tratamientos fue diferente;  $2.4 \pm 0.3$  para M1 y  $9.6 \pm 0.3$  para F. Los porcentajes de decoloración alcanzados fueron:  $75.7 \pm 5.7$  y  $42.2 \pm 2.2$  para el hongo M1 y F, respectivamente. Estos resultados no se pueden comparar debido a que las concentraciones iniciales fueron diferentes. A mayor concentración inicial de colorante la decoloración fue menor, probablemente debido a un efecto tóxico.

Tabla 4. Porcentaje de decoloración en la solución por hongo.

Hongo	M1	F
Concentración inicial AN (ppm)	$2.4 \pm 0.33$	$9.6 \pm 0.25$
% decoloración	$75.7 \pm 5.7$	$42.2 \pm 2.2$

### Tratamiento del efluente

En la figura 3 se presenta la gráfica de concentración contra tiempo para el tratamiento del efluente no estéril (Ben). Se observó decoloración por ambos hongos y los testigos (T1en). Los hongos decoloraron el efluente durante los primeros siete días de tratamiento. Después de este tiempo no se observó mayor decoloración del efluente. La decoloración observada en los testigos ( $16.2 \pm 2.8$  %) es factible debido a la posible presencia de microorganismos propios del efluente.

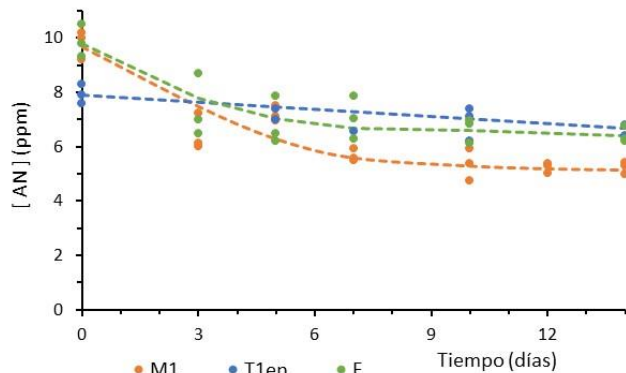


Figura 3. Tratamiento de decoloración del efluente no estéril.

La gráfica del tratamiento del efluente estéril (Cee) se presenta en la figura 4. De igual forma que para el efluente no estéril se observa decoloración con ambos hongos. Los hongos mostraron actividad durante los primeros cinco días, posterior a esto no se presentó mayor decoloración. Los testigos (T2ee) no presentaron decoloración como era de esperarse ya que al ser un efluente estéril no fue posible el desarrollo del consorcio microbiano propio. Por lo tanto, la decoloración observada en los tratamientos (Cee) con los hongos M1 y F se debe a su actividad.

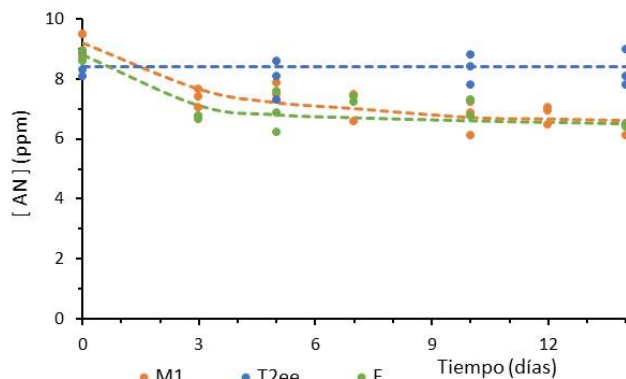


Figura 4. Tratamiento de decoloración del efluente estéril.

Los tratamientos con el efluente filtrado (Def) presentaron un comportamiento de decoloración similar al observado con los efluentes no estéril y estéril (Figura

5). La actividad de decoloración se presentó solo durante los primeros cinco días.

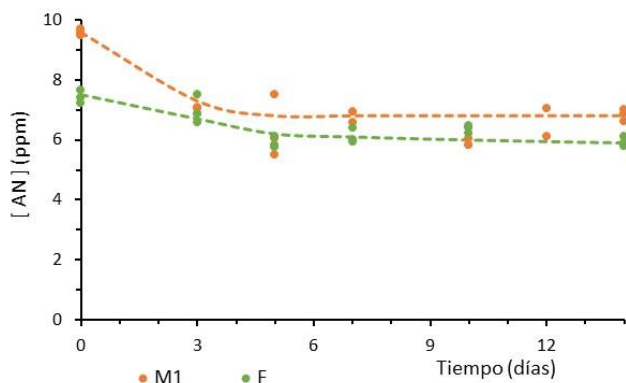


Figura 5. Tratamiento de decoloración del efluente filtrado.

Los porcentajes de decoloración de los hongos M1 y F para las tres condiciones del efluente se presentan en la tabla 5. Los porcentajes de decoloración alcanzados en los tres diferentes efluentes fueron menores a los alcanzados en el tratamiento de la solución de AN. La presencia de los compuestos utilizados en el lavado de la tela disminuyeron la actividad de los hongos. Los mejores resultados, con ambos hongos, se dieron con el efluente no estéril siendo mejor el tratamiento con M1.

Tabla 5. Porcentaje de decoloración en el efluente.

Tratamiento	M1	F
Ben	46.6 ± 1.9	35.0 ± 3.0
Cee	26.4 ± 3.2	26.2 ± 0.6
Def	27.9 ± 3.7	19.7 ± 1.9
T1en	16.2 ± 2.8	

## Conclusiones

Los parámetros determinados para la caracterización del efluente cumplen con los Límites Máximos Permitidos conforme a la NOM-002-SEMARNAT-1996. Los hongos M1 y F fueron capaces de decolorar una solución de colorante. Se observó que a mayor concentración inicial de colorante el porcentaje de decoloración fue menor, probablemente debido a un efecto tóxico. Los hongos fueron capaces de llevar a cabo la decoloración del efluente en menor proporción que en la solución de colorante. Las sustancias utilizadas en el proceso de lavado de la tela influyen en la capacidad de decoloración de los hongos. El testigo del efluente no estéril presentó decoloración, lo cual fue posible debido al consorcio microbiano presente en el efluente. Los hongos realizaron la mayor decoloración en el efluente no estéril.

## Referencias

Anjaneyulu Y., Sreedhara Chary N., Suman Raj D.S. (2005). Decolourization of industrial effluents-Available methods and emerging technologies. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 4, 245-273.

Ávila Jiménez M., González Arias E., Castañeda Briones M.T., Cruz Colín M.R., Chávez Martínez M., Espinosa Castañeda M. (2017). Efecto del tiempo de crecimiento sobre la biodegradación fúngica del verde de malaquita. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, QV676-681.

Buitrón G., Quezada M., Moreno G. (2004). Aerobic degradation of the azo dye acid red 151 in a sequencing batch biofilter. *Bioresource Technology*, 92, 143-149.

Cortazar Martínez A., González Ramírez C.A., Coronel Olivares C., Escalante Lozada J.A., Castro Rosas J, Villagómez Ibarra J.R. (2012). Biotecnología aplicada a la degradación de colorantes de la industria textil. *Universidad y Ciencia*, 28, 187-199.

Logística y Comercio Exterior (2020). Estado de la industria textil en México, Comercio Exterior. Recuperado el 17 de octubre del 2020. <https://www.logycom.mx/blog/estado-industria-textil-mexico>.

Mahmoodi N.M., Arami M., Gharanjig K. (2009). Laboratory studies and CFD modeling of photocatalytic degradation of colored textile wastewater by titania nanoparticles. *Desalination and Water Treatment*, 1, 312-317.

Miranda E. (2012). Agua Simple. México: Agua residual de la industria textil [http://www.aguasimple.org.mx/revistav4/index.php?option=com\\_content&view=article&id=272:iq-podemos-hacer-contra-las-sequias&catid=45:notas-de-agua-v4&Itemid=6](http://www.aguasimple.org.mx/revistav4/index.php?option=com_content&view=article&id=272:iq-podemos-hacer-contra-las-sequias&catid=45:notas-de-agua-v4&Itemid=6), 13 de febrero del 2018.

Rodríguez García M.J. (2018). Degradación del colorante Negro 38 presente en efluente textil mediante un hongo ligninolítico. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, México.

SEMARNAT (1998). Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

Supaka N., Juntongjin K., Damronglerd S., Delia M.L., Strehaiano P. (2004). Microbial decolorization of reactive azo dyes in a sequential anaerobic-aerobic system. *Chemical Engineering Journal*, 99, 169-176.