

DEGRADACIÓN DE COLORANTE TEXTIL NEGRO ÁCIDO 52 (NA52) EN MEDIO ACUOSO MEDIANTE UN PLASMA NO TÉRMICO.

Juana Beatriz Durán Vargas (1), Josefina Vergara Sánchez (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [jbeatriz_duran@hotmail.com]

2 [Laboratorio de Análisis y Sustentabilidad Ambiental, Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (EESuX-UAEM)] | Dirección de correo electrónico: [vergara@uaem.mx]

Resumen

En la industria textil se producen grandes cantidades de agua residual con colorantes que representan un gran problema ambiental, es por ello que se deben utilizar Proceso de Oxidación Avanzada para su degradación.

Los reactivos utilizados en la degradación del colorante Negro ácido 52 fueron de FeSO_4 a 50 mM y H_2SO_4 a 0.1 M, CuSO_4 50mM y Al_2SO_4 50mM y agua destilada. El colorante textil fue proporcionado por una industria textil de la Región Oriente de Estado de Morelos. Se empleó un Plasma No Térmico producido por corriente directa.

La implementación del plasma no térmico se probó con distintas concentraciones del reactivo FeSO_4 y variando el tiempo de aplicación del plasma para determinar la concentración y el tiempo óptimo de degradación; a su vez se probaron otros reactivos como $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y CuSO_4 para comprobar su efecto en la oxidación y degradación del colorante Negro ácido 52 (NA52). Las pruebas se realizaron en un reactor BACH de 250 mL a un pH de 2.4-2.6. La Remoción óptima es > del 97% del colorante.

Abstract

In the textile industry large amounts of waste water with dyes represent a major environmental problem, for that we have to use Advanced Oxidation Process for degradation.

The reagents used in the acid dye degradation Black 52 were FeSO_4 50 mM and 0.1 M H_2SO_4 , also $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 50mM, CuSO_4 50mM and distilled water. The textile dye was provided by a textile industry East Region Morelos. No thermal plasma produced by direct current was used.

The implementation of non-thermal plasma was tested with different concentrations of reagent FeSO_4 and varying the time of application of plasma to determine the optimum concentration and degradation time; turn other reagents as $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ and CuSO_4 were tested for their effect on the oxidation and degradation of Black dye acid 52 (NA52). The tests were performed in a BACH reactor 250 mL at a pH of 2.4-2.6. The optimum removal is > 97% of the dye.

Palabras Clave

Colorante, Oxidación Avanzada, Contaminante, Decoloración.

INTRODUCCIÓN

La industria textil es una de las mayores industrias productoras de agua residual, la cual se caracteriza por una fuerte coloración, pH altamente fluctuante, alta demanda química de oxígeno (DQO) y biotoxicidad. Aunque varios métodos tradicionales como adsorción, coagulación y tratamientos biológicos han sido usados para tratar colorantes del agua residual, ninguno de estos fue satisfactorio porque los efluentes tienen un alto grado de polaridad y una compleja estructura molecular [1].

La eliminación del colorante del agua residual industrial es un importante objetivo ambiental. Los colorantes sintéticos representan un gran problema porque no pueden ser degradados por acción biológica. El color es uno de los más importantes factores contaminantes por muchas razones: i) es visible incluso en cantidades pequeñas de colorante (≥ 0.005 mg/L), ii) el color puede interferir en la transmisión de luz solar dentro de corrientes naturales, iii) muchos de los colorantes Azo y sus productos intermedios como aminas aromáticas son tóxicos para la vida acuática, carcinogénicos y mutagénicos en los humanos [2].

Los colorantes son diseñados para resistir la descomposición con el tiempo por exposición al sol, agua, jabón, agentes oxidantes y no pueden ser removidos por tratamientos convencionales para agua residual, por ello el tratamiento de los colorantes es difícil. Los colorantes Azo son los más prominentes en el grupo de colorantes sintéticos. Casi 7×10^5 Toneladas de colorante son producidos alrededor del mundo cada año para varios usos industriales. Una mayor parte de la producción total de colorantes es de colorantes Azo, los cuales contienen más de un grupo Azo (-N=N-) en su estructura. Este doble enlace es responsable del color del colorante ya

sea por absorción o dispersión de la luz visible. Durante la operación del teñido, cerca del 15% del colorante usado termina en el agua residual que causan serios problemas ambientales [3].

Los Procesos avanzados de oxidación (PAO's), representan una alternativa en el tratamiento de aguas residuales para la decoloración de efluentes cuando los tratamientos de aguas residuales tales como la sedimentación, adsorción, floculación, filtración, ósmosis inversa no son suficientemente eficaces. Los PAO's han sido postulados como etapa de pretratamiento antes del tratamiento biológico, aparte de desinfección y desactivación de microorganismos patógenos. Estos Procesos tienen la capacidad de explotar la alta reactividad de los radicales hidroxilo ($\cdot\text{OH}$) en los procesos de oxidación. Al adaptar las condiciones de la reacción, los radicales $\cdot\text{OH}$ que poseen un potente potencial de oxidación de hasta 2.8 Volts, puede atacar una amplia variedad de contaminantes tóxicos [4].

La técnica de plasma no térmico es un PAO que combina diferentes efectos físicos y químicos, tales como la pirolisis, la fotólisis UV, cavitación electrohidráulica, así como la formación de especies oxidantes: radicales (H, O, $\cdot\text{OH}$) y moléculas (H_2O_2 , O_3 , entre otras). La presión atmosférica empleada en el plasma no térmico, recientemente ha atraído mucha atención para la aplicación de tratamiento de aguas residuales debido a su excelente desempeño en la degradación de los contaminantes orgánicos y la ausencia de contaminación secundaria [5].

El trabajo de investigación con el plasma no térmico en la degradación de un colorante textil se ha implementado debido a que es una técnica innovadora, con una capacidad de degradación alta para un colorante tipo Azo, en este caso el colorante de estudio es el Negro Ácido 52.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este experimento se realizó en el Laboratorio de Análisis y Sustentabilidad Ambiental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc de la UAEM.

El contaminante tratado es el colorante Negro ácido 52 (NA52) (Nombre IUPAC: Sodio 3-hidroxi-4-[(E)-(1-hidroxi-2-naftil) diazenyl]-7 nitro-1-naftalensulfonato), muestra la presencia del grupo azo (-N=N-) en la molécula, este grupo cromóforo es el responsable de la absorción de luz, dándole el color a la molécula [6], figura 1.

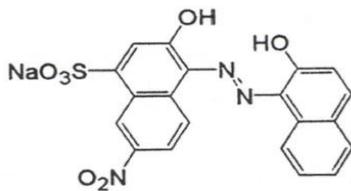


Figura 1. Estructura Química del Colorante Negro Ácido 52 (C₂₀H₁₂N₃NaO₇S)

Los reactivos utilizados en la degradación del colorante Negro ácido 52 fueron de FeSO₄ a 50 mM y H₂SO₄ a 0.1 M, CuSO₄ 50mM y Al₂SO₄ 50mM y agua destilada. El colorante textil fue proporcionado por una industria textil de la Región Oriente de Estado de Morelos.

Los valores iniciales y finales de pH y Conductividad para cada muestra fueron analizados con el multiparámetro digital de dos canales HQ40d Marcar HACH y los resultados fueron analizados por técnicas espectrofotométricas utilizando un espectrofotómetro DR600 HACH para medir Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la determinación de Carbono Orgánico Total (COT) durante la degradación del NA52.

Se realizó una curva de calibración del colorante NA52 variando las concentraciones de 1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0.1, 0.05 mM y posteriormente se midieron en el espectrofotómetro las absorbancias para obtener la ecuación que relaciona la absorbancia con la concentración, figura 2.

$$Y = 7.42358X - 0.16176$$

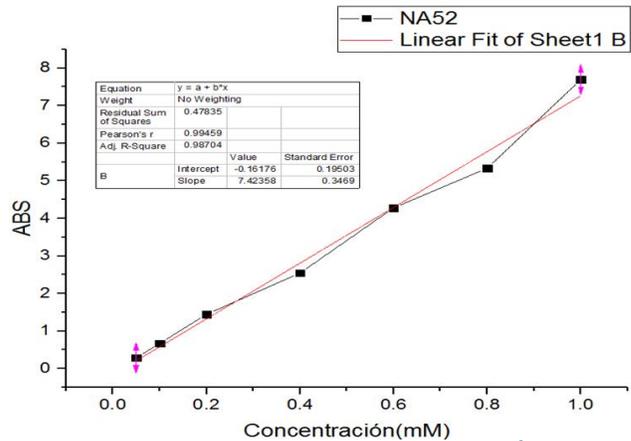


Figura 2. Curva de calibración del Colorante Negro Ácido 52

Las pruebas con la solución problema se realizaron en un reactor BACH de 250 mL a un pH de 2.4-2.6 donde actuaba un plasma no térmico generado por corriente directa con un voltaje de 1000 Volts y una corriente de 40 mA, el colorante NA52 tenía una concentración 1 mM (100 %), el reactivo FeSO₄ se agregó en distintos porcentajes (50%, 80%, 100% y 120%) para encontrar la concentración óptima, el tiempo de aplicación, con la concentración estequiométrica se fue variando el tiempo de aplicación (30, 60, 120, 180 y 240 min). Se usaron otros reactivos como CuSO₄ y Al₂(SO₄)₃ para determinar el mejor reactivo en el Proceso de oxidación avanzada con el Plasma No Térmico. En la figura 3 se muestra el sistema experimental empleado en el tratamiento de degradación del colorante NA52 por plasma.

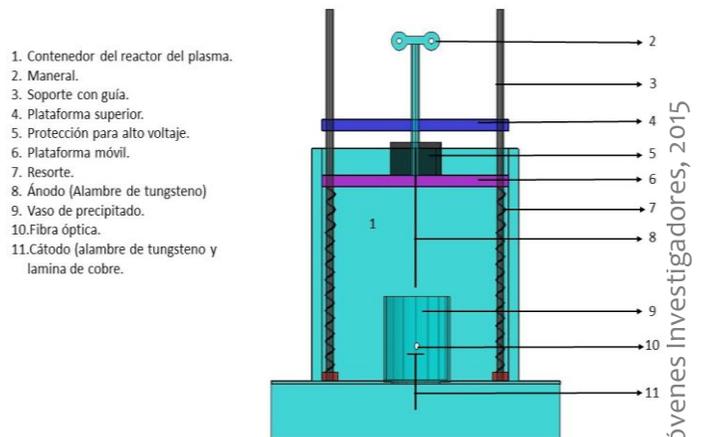


Figura 3. Sistema experimental del reactor del plasma para tratamiento de muestras líquidas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La degradación y decoloración de la molécula de Negro ácido 52 en un medio acuoso mediante el plasma no térmico presentó distintos porcentajes de degradación al variar la concentración del reactivo FeSO_4 , así como al variar el tiempo de aplicación del plasma para encontrar el tiempo óptimo de degradación. A continuación se muestran las gráficas que indican la variación de la concentración del colorante, figura 4.

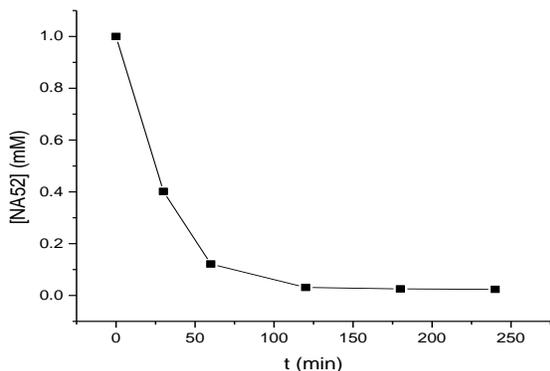


Figura 4. Degradación de contaminante NA52 a un tiempo final de 240 min, 1 mM de FeSO_4 .

Con la concentración del FeSO_4 estequiométrico (1 mM) se observó que a partir de los 180 min se tiene una decoloración notoria, al igual que una reducción de la Demanda Química Orgánica (DQO) y del Carbono Orgánico Total (COT), estos parámetros se calcularon teóricamente con la concentración inicial y final de la muestra, el cálculo se determinó de la siguiente manera (tabla 1):

$$DQO(\text{Teórico}) = \frac{(\#Oxígenos)(\text{PesoMolecular}O_2)}{\text{PesoMolecularNA52}} (\text{ppmNA52})$$

$$COT(\text{Teórico}) = \frac{(\#Carbonos)(\text{PesoMolecular}C)}{\text{PesoMolecularNA52}} (\text{ppmNA52})$$

Tabla 1. Datos de degradación con FeSO_4 0.1 Mm

Tiempo (min)	DQO _{teórico} (ppm)	COT _{teórico} (ppm)	% de Degradación
0	144	240	0
30	57.839	96.398	59.834
60	17.492	29.153	87.853
120	4.456	7.428	96.905
180	3.642	6.070	97.470
240	3.409	5.682	97.632

Se evaluó también la efectividad del FeSO_4 en distintos porcentajes de concentraciones a un tiempo de 180 min, obteniendo los siguientes resultados, figura 5:

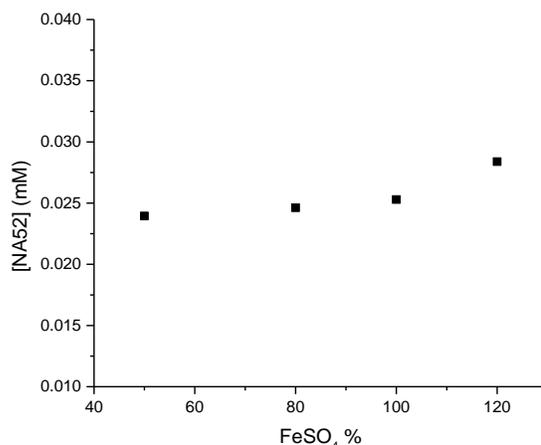


Figura 5. Concentraciones finales para distintas concentraciones de FeSO_4 (0.5 mM, 0.8 mM, 1 mM y 1.2 mM)

En la tabla 2 se muestran los datos teóricos de DQO y COT a diferentes concentraciones de Fe.

Tabla 2. Datos de degradación con porcentajes del FeSO_4

% de FeSO_4 (1mM)	DQO _{teórico} (ppm)	COT _{teórico} (ppm)	% de Degradación
50	3.448	5.747	96.881
80	3.545	5.908	97.188
100	3.642	6.070	96.806
120	4.088	6.814	95.876

Se observa que el $DQO_{\text{teórico}}$ y $COT_{\text{teórico}}$ son más bajos para el $FeSO_4$ a un porcentaje de 50 pero en la degradación del colorante se observa mayor con el $FeSO_4$ al 80%, estos resultados muestran que no hay una diferencias significativa entre los primeros 3 porcentajes, sin embargo el uso de menos reactivo abate los costos del proceso.

Para finalizar el trabajo se emplearon otros iones como $CuSO_4$ y $Al_2(SO_4)_3$ a la misma concentración (1 mM), el tiempo de aplicación fue de 240 min, en este caso se compara con un blanco donde el plasma se aplicó sólo para el colorante en medio acuoso, así como los cálculos teóricos de DQO y COT, tabla 3.

Tabla 3. Datos de degradación de NA52 con $FeSO_4$, $CuSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$ a 1 mM y Comparación con blanco.

Reactivo/240 min	$DQO_{\text{teórico}}$ (ppm)	$COT_{\text{(teórico)}}$ (ppm)	% de Degradación
$FeSO_4$	3.642	6.070	97.135
$CuSO_4$	4.670	7.7836	96.327
$Al_2(SO_4)_3$	6.746	11.243	93.734
Blanco	34.038	56.730	73.033

Con estos resultados se observa que el reactivo más efectivo es el $FeSO_4$ para degradar al colorante, el blanco presenta un 73 % de degradación del colorante, esto demuestra que el uso de los ones generan los radicales hidroxilo ($\cdot OH$), siendo el Fe^{2+} el más eficiente.

CONCLUSIONES

Para la degradación de colorante utilizando el $FeSO_4$ dentro del reactor tipo BACH y con la descarga del plasma no térmico se requiere un tiempo de 180 min, donde la decoloración es evidente, los valores de COT y DQO teóricos son bajos y el porcentaje de degradación es > al 97%.

Se puede ahorrar reactivo ya que con $FeSO_4$ con una concentración de 0.8 mM se obtiene un porcentaje de degradación > a 97% y es suficiente para la decoloración de 1mM de colorante.

Es evidente que el mejor reactivo para degradar el colorante y usarse en conjunto con el plasma es el $FeSO_4$. El plasma no Térmico es un Proceso de Oxidación avanzada eficiente para la degradación del colorante Azo Negro Ácido 52. El uso del plasma es una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales textiles.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Dr. Cesar Torres Segundo por el apoyo en el Laboratorio de Análisis y Sustentabilidad Ambiental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc-UAEM y a los proyectos PROMEP 103.5/13/6626 y PII-43/PIDE/2013 de la UAEM.

REFERENCIAS

- Gozmen, Kayan B., Murat Gizir A. & Hesenov A., (2009). Oxidative degradations of reactive blue 4 dye by different advanced oxidation methods, *Journal of Hazardous Materials*, 168 (2009) 129–136. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389409002003>
- Figueroa S., Vázquez L. & Alvarez-Gallegos A., (2009) Decolorizing textile wastewater with Fenton's reagent electrogenerated with a solar photovoltaic cell, *water research*, 43(2009) 283 – 294. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135408004685>
- Kumar Yadav A., Smrutiti J., B.C. Acharya & Mishra B.K, (2012) Removal of azo dye in innovative constructed wetlands: Influence of iron scrap and sulfate reducing bacterial enrichment, *Ecological Engineering* 49 (2012) 53– 58. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857412002923>
- Soon A.N & Hameed B.H, (2011) Heterogeneous catalytic treatment of synthetic dyes in aqueous media using Fenton and photo-assisted Fenton process, *Desalination*, 269 (2011) 1–16. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916410008106>
- Ghodbane H., Hamdaoui O., Vandamme J., Van Durme J., Vanraes P., Leys C. & Nikiforov A.Y, (2015), Degradation of AB25 dye in liquid medium by atmospheric pressure non-thermal plasma and plasma combination with photocatalyst TiO_2 , *The Gruyter.*, 2015; 13: 325–331. Recuperado de <http://www.degruyter.com/view/j/chem.2015.13.issue-1/chem-2015-0040/chem-2015-0040.pdf>
- Arias Mosqueda J.A, Vergara Sánchez J. Fuentes J., Albarrán M.C & Alarcón Hernández F.B, (2014). Degradación Fenton del Colorante Textil Negro Ácido 52. *Memorias en Extenso AMIDIQ* 2014, 829-832.