

¿Por qué tratar el agua residual?

Josefina Vergara y Pedro Guillermo Reyes

Josefina Vergara Sánchez estudió la licenciatura en Ingeniería Química en la Universidad Autónoma del Estado Morelos (UAEMor), la Maestría en Ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas en la UAEMor. Actualmente es Investigadora de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc de la UAEMor, así mismo fue la fundadora del Laboratorio de Análisis y Sustentabilidad Ambiental (análisis de aguas). Es miembro activo de la Academia de Ciencias de Morelos. Pedro Guillermo Reyes Romero estudió la licenciatura en Física en la Universidad Veracruzana, la Maestría en Ciencias (Física) en la UNAM y el Doctorado en Ciencias en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Actualmente es Profesor Definitivo en la Facultad de Ciencias de la UAEM, así mismo es fundador del Laboratorio de Física Avanzada. Es miembro activo de la Academia de Ciencias de Morelos.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

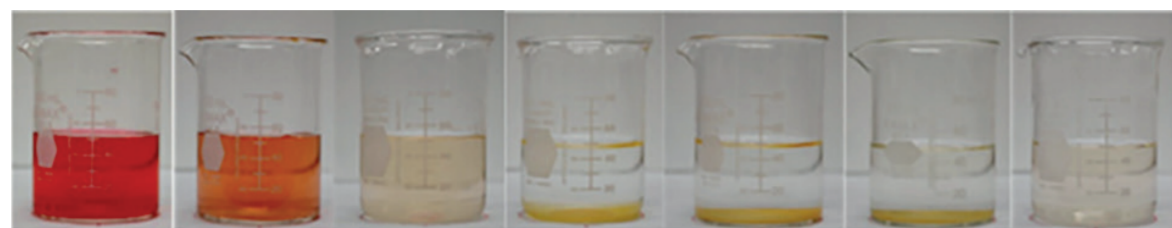


FIGURA 1. DEGRADACIÓN por tratamiento con plasma a presión atmosférica.

El agua

El agua es un recurso vital para los seres vivos, nuestro planeta tiene el 70% de su superficie cubierta de agua. De este porcentaje aproximadamente el 97.5% es agua salada y el 2.5% agua dulce. El agua dulce, que es la que se utiliza con mayor proporción, está disponible en los glaciares, nieve o hielo (70%) y en aguas subterráneas de difícil acceso (30%), por lo que solo el 1% de estas aguas es de fácil acceso para nuestro consumo y los ecosistemas. El agua que se extrae es empleada para el uso agrícola, industrial y municipal,

siendo el primero el de mayor porcentaje. El agua que sobra después de ser empleada por alguno de estos sectores se llama agua residual [1]. ¿Cuándo nosotros usamos el agua, qué sucede? Ya no la podemos utilizar de forma normal, esto es, para consumo, limpieza o algún proceso que requiera contacto directo con ella. Así mismo antes de verterla en los cuerpos de agua receptores, como ríos, lagos y mares, tiene que ser tratada para evitar una mayor contaminación en la flora y fauna acuática, además de cumplir con la legislación

ambiental.

Aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales convencional consiste en: Pretratamiento. En el cual se retira toda la materia inorgánica y orgánica de gran tamaño, al llegar a la planta tratadora de aguas residuales. Estos son procesos físicos que permiten homogeneizar el flujo de entrada.

Tratamiento primario. Son procesos para retener a los sólidos suspendidos totales, como la sedimentación, en el que se retiran arenas o material que puede afectar

tar a los equipos de los siguientes procesos.

Tratamiento secundario. Consiste en procesos biológicos, los cuales, con la ayuda de los microorganismos consumen la materia orgánica del agua. Esto puede ser en presencia de oxígeno (bacterias aerobias) o sin él (bacterias anaerobias), dependiendo del tipo de bacterias utilizadas.

Tratamiento terciario. Es comúnmente llamado de desinfección, donde se eliminan todos los microorganismos que pudieran presentarse en esta etapa. Se utilizan procesos físicos y químicos para lograrlo: se puede emplear cloro, radiación ultravioleta, ozono, entre otros. El más utilizado por su bajo costo es la cloración.

Posteriormente se verifica que cumpla con la normatividad mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales [2]; la NOM-002-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, para su re-uso, ya sea para riego o verterla en un río, lago o mar [3]; la NOM-003-ECOL-1997 establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se vuelvan a usar en servicios al público [4].

Existen contaminantes que no se pueden tratar con estos métodos convencionales. Esos son llamados persistentes, por tal motivo se tiene que emplear otros métodos, como los Procesos Avanzados de Oxidación (PAO's). Estos PAO's se utilizan para degradar compuestos como colorantes textiles, fármacos, entre otros, en tiempos cortos que va de minutos a horas. Entre los que se emplean están el Proceso Fenton, Foto Fenton, Catálisis Heterogénea, y actualmente se encuentra en desarrollo el tratamiento mediante la interacción de plasmas atmosféricos, que ha demostrado tener ventajas sobre otros métodos

En el Proceso Fenton se utiliza una sal de hierro FeSO4 como catalizador y como oxidante al peróxido de hidrógeno H2O2, en un medio ácido (pH menor que 3, ya que el hierro se precipita en pH mayores que este) el cual se descompone en radical hidroxilo HO• que ataca a toda la materia orgánica descomponiéndola en

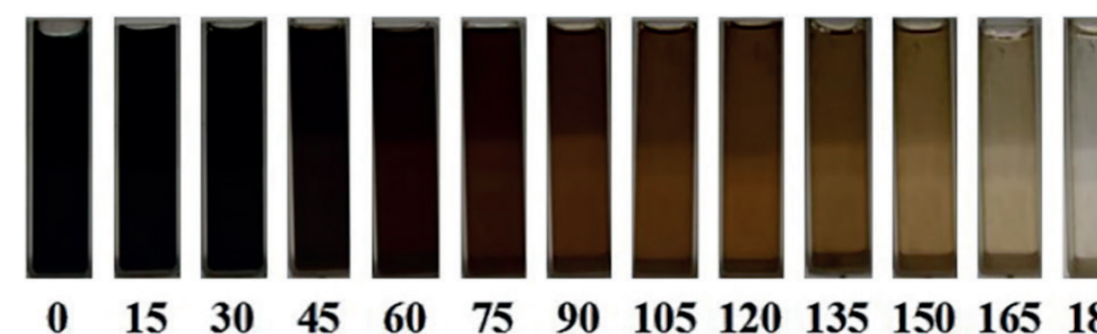


FIGURA 2. PROCESO de decoloración de la mezcla de colorante NA52/NA210 usando plasma.

bióxido de carbono, sales minerales y agua, en caso de que su degradación sea completa. Si no es así, se descompone en compuestos más sencillos que puedan ser degradados por los procesos convencionales antes mencionados. El proceso Foto Fenton, a diferencia del Fenton, es aplicar radiación UV para acelerar la producción de radicales hidroxilos de la reacción Fenton [5]. Estos procesos producen cambios profundos en las estructuras químicas de los contaminantes, los cuales se van monitoreando a través de técnicas específicas, que miden los parámetros de la oxidación de los compuestos. Estos son: la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y el Carbón Orgánico Total (COT). La DQO define como cualquier sustancia, tanto orgánica como inorgánica, es susceptible de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte. El COT es el carbón que forma parte de las sustancias orgánicas de las aguas tratadas, estos al disminuir nos indican que el agua no tiene compuestos dañinos.

Laboratorios de Análisis y Sustentabilidad Ambiental y de Física Avanzada

En los últimos años se han tratado diversos contaminantes presentes en el agua residual, con los Procesos Avanzados de Oxidación [6], dentro de ellos se encuentran la degradación de los colorantes empleados en la industria textil. Para estos compuestos se realizaron varios estudios, en los laboratorios de Análisis y Sustentabilidad Ambiental, y de Física Avanzada, por ejemplo:

Se consideró el colorante reactivo rojo 120 (RR-120) para su degradación usando procesos homogéneos (Fenton y Foto-Fenton) y procesos heterogéneos (nanopartículas suspendidas- NPs- de oxihidroxidos de hierro y NPs de oxihidroxidos de hierro suspendidas sobre un material mesopo-

roso SBA-15). En el estudio de la cinética de decoloración del rojo reactivo 120 se utilizó una concentración de 100 mg/L, a pH ~ 3 utilizando como agente oxidante peróxido de hidrógeno (H2O2) y diferentes sales de hierro (FeCl2, FeCl3, FeSO4 y Fe2(SO4)3). La constante de velocidad de decoloración fue mayor para los procesos homogéneos que para los procesos catalíticos heterogéneos. El grado de oxidación del RR-120 fue medido por demanda química de oxígeno (DQO) con un 90% para el proceso Foto-Fenton [7]. Otro trabajo fue el estudio de los efectos de una descarga eléctrica al interactuar con muestras líquidas con el colorante textil rojo básico 46 (RB46) (ver Figura 1) con el fin de analizar la degradación. El tratamiento se llevó a cabo con un sistema que permite mantener un flujo continuo de la muestra, teniendo un volumen total de 5 litros, generando una descarga eléctrica en la interfaz líquido-aire, permitiendo que las especies resultantes de la descarga interactúen con la muestra, oxidándola y por tanto mineralizándose, es decir, degradándose y convirtiéndose en CO2. El tiempo máximo de tratamiento fue de 120 minutos [8].

Se empleó un dispositivo llamado reactor discontinuo y la descarga corona para la degradación de una mezcla de colorantes azoicos, Negro ácido 52 y Negro ácido 210, en solución acuosa utilizando li maduras de hierro (Fe2+) como catalizador. El plasma a presión atmosférica se generó en la superficie del líquido. Se midieron las propiedades físico-químicas del líquido, conductividad eléctrica, pH, así como el volumen y la temperatura. Se utilizó espectrofotometría ultravioleta-visible para determinar la cinética del proceso de oxidación. Además, se usó espectroscopía de emisión óptica, CO2. También se

levaron a cabo experimentos de producción, carbono orgánico total (COT) y demanda química de oxígeno. La mezcla de tinte ilustró una decoloración del 95% al 99% en el tiempo de tratamiento de 180 min y un 92% reducción de COT. En el espectro de emisión óptica del plasma, especies como OH, Hα, Hβ, N2, y Na fueron identificados. En la Figura 2 se observa la desaparición de color en la solución con respecto al tiempo.

Este cambio de color nos indica que se ha roto el enlace del cromóforo, por lo que ya no hay color en la muestra, pero el parámetro que indica la degradación del colorante es el Carbón Orgánico Total, generándose el CO2, por lo que el Carbono presente en la molécula inicial disminuye [9]. Estos resultados se han obtenido para otros colorantes textiles en diferentes trabajos de la investigación realizada, logrando disminuir la contaminación en las aguas residuales. Lo importante en cada investigación es encontrar las condiciones óptimas de degradación para el contaminante a tratar y saber en qué se puede descomponer, así asegurar que los subproductos no son tóxicos o dañinos para los cuerpos de agua receptores, siempre ajustando los parámetros de descarga como lo mencionan las normas mexicanas.

La idea es que estos procesos sean implementados en las industrias que generan este tipo de aguas residuales para que se traten antes de verterlas en las plantas tratadoras de aguas y así poder tener mayores eficiencias o reutilizarlas en procesos que no tengan contacto directo. El trabajo en conjunto entre los laboratorios de investigación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y la Universidad Autónoma del Estado de México en esta área del conocimiento, ha dado resultados alentadores que

podrían extender en su implementación a diferentes contaminantes, en su mayoría industriales ya que son los que persisten en el medio acuoso sin tener cambios estructurales con los procesos convencionales.

¿Por qué tratar el agua residual? El crecimiento demográfico ha incrementado la demanda del agua potable, lo que impulsa la necesidad de contar con mejores métodos químicos y físicos para garantizar el abasto a toda la población, humana, animal y plantas. Estudios científicos sobre el uso del agua indican que, para los próximos años, particularmente para el año 2030, la seguridad sobre el agua estará realmente afectada. Inclusive ya podemos sentir ahora la escasez del agua y su uso tendrá necesariamente que racionalizarse, afectando todas las actividades personales y económicas que realizamos en el día a día. Ya podemos sentir los efectos de este problema y observar el comportamiento social, tan impactante, que hasta puede suceder que se realicen actividades ilícitas para contar con agua potable. Como ejemplo, analicemos lo que sucede recientemente, muy cerca de nosotros, en el Estado de Nuevo León con la sequía de las presas. No debemos ser ajenos a estos eventos. Hace al menos 40 años, seguro algunos recordarán, había las campañas publicitarias de "ciérrale al agua". Ya entonces se conocía la importancia de tratar el agua, pero hicimos poco caso. Todavía queda tiempo para hacer todo lo posible para mejorar la calidad de las aguas residuales, desarrollar sistemas y aparatos aún más eficientes, para tomar conciencia, y aprender a hacer más eficiente el uso del agua. Es simple, sin agua no hay vida.



PRESA SECA, IMAGEN libre de Dreamstime.

REFERENCIAS

1. <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>
2. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/se-publica-nom-001-semarnat-2021-que-establece-limites-de-contaminantes-en-descargas-de-aguas-residuales?idiom=es>
3. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881304&fecha=03/06/1998#gsc.tab=0
4. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4893449&fecha=21/09/1998#gsc.tab=0
5. Doménech, X., Jardim, W. F., & Litter, M. I. (2001). Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea, 2016, 3-26.
6. Vergara-Sánchez J., Silva-Martínez S. (2010). Degradation of water polluted with used cooking oil by solar photolysis, Fenton and solar photo Fenton. Water Sci Technol, 62 (1): 77-84. doi: <https://doi.org/10.2166/wst.2010.252>.
7. Vergara-Sanchez, J.; Perez-Orozco, J.P.; Suarez-Parra, R. Y Hernandez-Perez, I. Degradation of

- reactive red 120 azo dye in aqueous solutions using homogeneous/heterogeneous iron systems. Rev. Mex. Ing. Quím [online]. 2012, vol.11, n.1, pp.121-131. ISSN 1665-2738.
8. Rodriguez Albarran, M. J., Gomez Diaz, A., Reyes Romero, P. G., Palomares Amado, J. C., Vergara Sanchez, J., Torres Segundo, C., ... & Martinez Valencia, H. (2021). Influence of physical and chemical parameters in the treatment of Basic Red dye 46 by atmospheric plasma. Desalination and Water Treatment, 222, 259-270.
9. https://www.deswater.com/DWT_articles/vol_170_papers/170_2019_361.pdf



ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial@acmor.org.mx