

Ayudemos al agua: estamos a tiempo

Pedro Guillermo Reyes Romero, Josefina Vergara Sánchez y Aarón Gómez Díaz

Pedro Guillermo Reyes Romero, estudió la licenciatura en Física en la Universidad Veracruzana, la Maestría en Ciencias (Física) en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Doctorado en Ciencias en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). Actualmente es Profesor Definitivo en la Facultad de Ciencias de la UAEMex, así mismo es fundador del Laboratorio de Física Avanzada. Es miembro activo de la Academia de Ciencias de Morelos.

Josefina Vergara Sánchez, estudió la licenciatura en Ingeniería Química en la Universidad Autónoma del Estado Morelos (UAEMor), la Maestría en Ingeniería en la UNAM y el Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas en la UAEMor. Actualmente es Profesora-Investigadora, responsable del Laboratorio de Ingeniería Ambiental del Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la UAEMor. Es miembro activo de la Academia de Ciencias de Morelos.

Aarón Gómez Díaz, estudió la licenciatura en Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México y el Doctorado en Ciencias (Física) también en la UAEMex. Actualmente trabaja en la Facultad de Ciencias de la UAEMex, en el laboratorio de Laboratorio de Física Avanzada.

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

La crisis del agua

Las secuelas y consecuencias derivadas de la pandemia por SARS-COV2 aún no se han dejado de sentir, puesto que las hay en la salud pública, en la economía y en el medio ambiente; tomando en cuenta las afectacio-

nes en la salud de las personas, sin duda se requerirá de más y mejores servicios en esta área. En particular, una de las afectaciones que ya se está estudiando es la generada por el uso intenso del agua para enfrentar y prevenir contagios por el virus, como el lavado de manos con mayor frecuencia, lavado de ropa, utensilios generales en casa, aseo general, sin mencionar hospitales, comercios, entre otros. En tiempos normales se estimaba que una persona requiere diariamente 100 litros de agua para realizar sus actividades básicas [1]; sin embargo, el estimado de consumo en pandemia fue de entre 180 y 200 litros de agua y es importante mencionar que esta debe de ser potable. También se ha estimado que este consumo por persona se ha incrementado en un 30% en ciudades con abasto de agua constante durante el período de pandemia, enfatizando así que este consumo no ha sido equitativo. Otra consideración importante es que este año la humanidad vio nacer a su habitante 8 000 000 000 (somos más de ocho mil millones de mujeres y hombres) [2], si multiplicamos este número por el consumo de agua diaria, el numero resulta enorme y a su vez alarmante, 1 600 000 000 000 (1.6 billones) litros de agua potable al día. Sin embargo, de la población mundial solo el 45% tiene acceso diario a la cantidad requerida para un desarrollo adecuado y digno, esto es

720 000 000 000 (setecientos veinte mil millones). Además, hay que considerar el hecho de que día a día se incrementa la población, por lo tanto, la demanda de agua es cada vez más grande. Esto lleva a un concepto que se ha ido extendiendo en su estudio, el llamado “estrés hídrico”. Se habla de estrés hídrico cuando la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad. En el planeta Tierra, que es nuestro único hábitat, se ha calculado que existen 1 386 millones de kilómetros cúbicos de agua, distribuidos en toda su superficie, de estos, el 97.5 % corresponden a agua salada, y solo el 2.5% del agua del planeta es agua dulce, esto equivale solo a 35 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce, pero

casí 70% no está disponible para consumo humano. Tenemos mucha agua, pero muy poca para nuestro uso (Figura 1). Ayudar a limpiar el agua es ayudar a la vida en nuestro planeta.

Buscando soluciones

Ahora bien, es necesario considerar el hecho de que en todas las actividades que realiza el ser humano se invierte una cierta cantidad de agua, la cual en su mayoría es devuelta a la naturaleza con algún grado de contaminación. En algunos casos esta contaminación puede ser contrarrestada de manera natural, esto es, no requiere de la intervención de métodos desarrollados por el humano. Desafortunadamente este porcentaje que no requiere de la intervención humana para su reincorporación a



FIGURA 1. LA Tierra, el llamado Planeta Azul, por su cantidad de agua, fuente de vida. <https://www.nasa.gov/stem-content/visible-earth/>

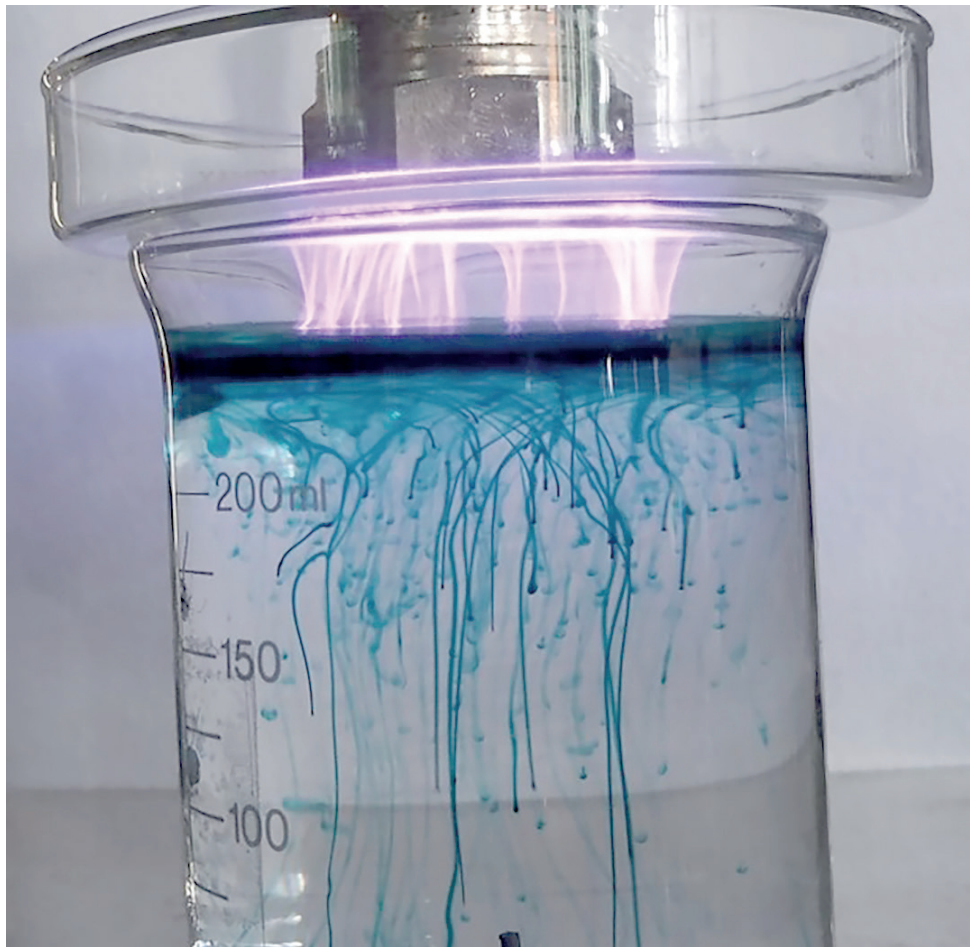


FIGURA 2. PLASMA a presión atmosférica interactuando con agua con colorante textil. La parte superior de la imagen es un electrodo metálico, al cual se le aplica un alto voltaje. Entre este electrodo y la superficie del líquido con colorante se coloca un material dieléctrico (vidrio), generándose una descarga de barrera dieléctrica. Foto de los autores.

los ecosistemas es muy pequeño y a la fecha no hay datos exactos del valor de esta cantidad de agua. En este sentido, con el objetivo de mejorar la calidad del agua no potable, se han desarrollado diferentes métodos para recuperar la calidad

del agua después de su uso. Ejemplo de estos métodos son aquellos que usan especies oxidantes, las cuales tienen la característica de robar electrones de los enlaces en moléculas orgánicas contaminantes, promoviendo su rompimiento.

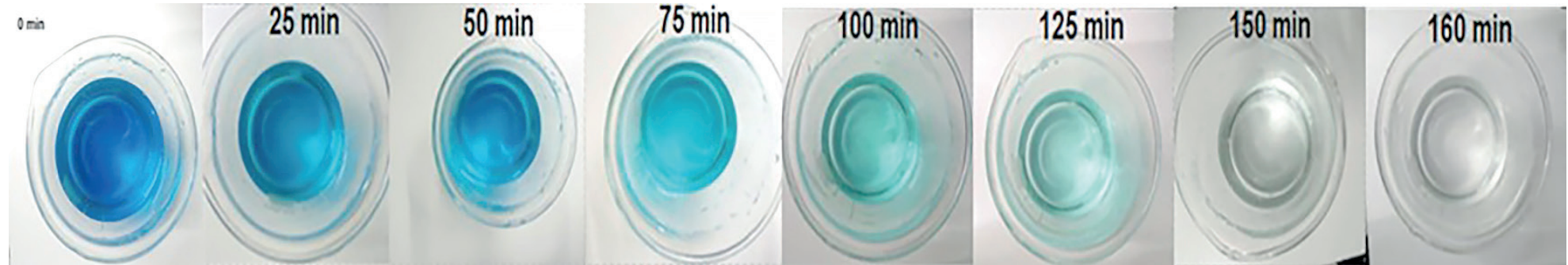


FIGURA 3. DEGRADACIÓN de verde malaquita al interactuar con una descarga tipo corona. Foto de los autores.

De manera global estos métodos se pueden clasificar en procesos biológicos, físicos y químicos, o la combinación de estos. Bajo ciertas características algunos son aplicables a gran escala, por ejemplo, en plantas tratadoras de aguas residuales, los cuales atienden cierta clase de aguas contaminadas, generalmente las aguas desechadas por las ciudades. Hay otras aguas contaminadas que requieren de tratamientos específicos, por ejemplo, las aguas residuales de los procesos en la elaboración de ropa. Estas requieren de agua para el proceso de tinción, cuando las moléculas de colorante se adsorben en la superficie de las diferentes telas utilizadas, que es un proceso altamente contaminante, que inclusive contiene en algunos casos residuos que son cancerígenos. En resumen, la composición química, concentración y volumen, de los residuos tienen como consecuencia el aumento de agua contaminada y no permiten su reúso.

Se han desarrollado proyectos de investigación científica respecto a la generación y la aplicación de plasmas, los cuales han sido estudiados en los últimos años como un método eficiente para decolorar y degradar los contaminantes provenientes del proceso antes mencionado, tinción. [3]. De manera muy rápida se puede contestarla siguiente pregunta: ¿Qué es un plasma? La definición formal es: un plasma es un gas ionizado y se conoce como el cuarto estado de agregación de la materia. Los plasmas se pueden producir en un laboratorio, con relativa facilidad. Para lograrlo se requiere del diseño y construcción de reactores en donde se puedan generar, con la posibilidad de ser producidos a muy diferentes presiones, desde atmosférica hasta bajas presiones. En su estado natural, los gases que conforman la atmósfera terrestre se encuentran en un estado base o fundamental, lo que significa que se encuentran en el estado de energía más bajo posible. Para generar un plasma se requiere de incrementar la energía del sistema; esta se suministra mediante fuentes externas, con esto se logra ionizar al gas portador (ionizar significa “arrancar” electrones del gas). En el caso de descargas eléctricas, se

usan fuentes de alto voltaje, conectadas al reactor mediante electrodos que conducen a los electrones que van a producir la ionización del sistema, logrando la generación de un plasma. Plasmas hay muchos, los cuales se pueden clasificar en fríos o calientes; se llama plasma frío cuando se ioniza menos del 10% del gas contenido, y plasma caliente cuando se logra ionizar del 10% en adelante. De estos, por sus propiedades físicas los plasmas fríos son de gran interés científico, debido a las diferentes energías que tienen las partículas que lo conforman, electrones libres, átomos, moléculas e iones.

Generación y tratamiento con plasma

El laboratorio de Física Avanzada de Facultad de Ciencias perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de México, así como el Laboratorio Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, en conjunto, han realizado estudios sobre tratamientos de aguas residuales, utilizado métodos avanzados de oxidación [4]. Particularmente estos esfuerzos se han enfocado en el diseño, construcción y caracterización de reactores donde se generen plasmas a presión atmosférica, basándose en la teoría de que la producción e interacción de partículas oxidantes degradan a la materia. Las partículas oxidantes de mayor incidencia son los iones hidroxilos que actúan para romper los enlaces cromóforos y auxocromos contenidos en colorantes textiles, los primeros son enlaces de la molécula del colorante que dan la propiedad de color y los segundos, también son enlaces, encargados de modificar la intensidad del color. El experimento en esencia es sencillo, una vez que se tiene la muestra preparada, con el colorante a estudiar disuelto en agua, se coloca en un reactor, que es básicamente un vaso de precipitado, el cual tiene un electrodo en la parte inferior después, un segundo electrodo es colocado sobre la superficie del líquido y se aplica un alto voltaje, hasta el momento en que el gas presente en la interfaz liquido-aire se ioniza, generando un plasma (Figura 2).

Como ya se mencionó anteriormente, las especies o partículas que se generan en el plasma interactúan con los componentes de la muestra, pudiendo modificar las moléculas del agua, a partir de lo cual se genera una alta concentración de radicales hidroxilos. Este tipo de experimentos es posible realizarlo con una amplia variedad de colorantes, en la Figura 3 se observa cómo se degrada una muestra de colorante verde malaquita en función de tiempo de tratamiento, así como sus combinaciones, llegando cada vez más a parecerse a muestras reales que se arrojan a los efluentes. Adicionalmente, también se ha observado que este tipo de descargas, además de degradar colorantes, también pueden ser usadas para la desinfección de las muestras [5,6]. El estudio de estos procesos es muy importante dado el impacto ambiental que estos generan en las regiones oriente del Estado de Morelos en el río Cuautla y la región centro del Estado de México. Toda la generación del conocimiento, desarrollo tecnológico y aplicación de las tecnologías presentes y futuras deben de ser aprovechados para el propósito de tener agua suficiente y potable. Recuerden, para el agua no hay sustituto.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

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

REFERENCIAS

- [1] <https://www.gob.mx/conanp/articulos/sabes-cuanta-agua-consumes#:~:text=De%20acuerdo%20a%20la%20organizaci%C3%B3n,de%20consumo%20como%20de%20higiene.>
- [2] <https://www.worldometers.info/es/>

- [3] C. Torres-Segundo, et. al.; Effect on discoloration by non-thermal plasma in dissolved textile dyes: acid black 194; Revista Mexicana de Ingeniería Química, 17-2, 2018.
- [4] ¿Por qué tratar el agua residual? Josefina Vergara y Pedro Guillermo Reyes <https://acmor.org/publicaciones/por-qu-tratar-el-agua-residual>
- [5] Ocaña de Jesús, Rosa, et. al.; Microbiological study of the effect of a dielectric barrier discharge interaction on processed orange juices exposed to the environment; Food Science and Technology; 2022.
- [6] Josefina Vergara Sánchez, et.al.; Removal efficiency of Rhodamine B dye by atmospheric plasma; Desalination and Water Treatment; 256, 328–336, 2022

Lecturas recomendadas

1. Plasma, aplicaciones en la vida diaria; Yamilet Rodríguez, Horacio Martínez; Narraciones de la Ciencia, <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2540940.pdf>
2. La química del color; Raúl Colorado Peralta y José María Rivera; Diario Xalapa, 2014. <https://www.uv.mx/cienciauv/files/2014/06/CienciaLuz26.pdf>
- 3.- Plasmas: aplicaciones en astronomía, medicina y energía <https://acmor.org/publicaciones/plasmas-aplicaciones-en-astronom-a-medicina-y-en-energ-a>