launion.com.mx @uniondemorelos

CIENCIA

launion.com.mx
@uniondemorelos

USO DE AGUA ACTIVADA POR PLASMA EN LA PRODUCCIÓN VEGETAL

César Torres Segundo, Aarón Gómez Díaz, Pedro Guillermo Reyes Romero, Josefina Vergara Sánchez y Horacio Martínez Valencia

César Torres Segundo es egresado de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) y actual investigador en la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc de la UAEMor, se dedica al estudio de la degradación de diferentes contaminantes orgánicos en agua por plasma.
Aarón Gómez Díaz es egresado de la UAEMex y actual investigador en la Facultad de Ciencias de la UAEMex, se dedica al diseño y construcción de sistemas experimentales usados para la generación de plasmas fríos.
Pedro Guillermo Reyes Romero es egresado de la Universidad Veracruzana y actual investigador en la Facultad de Ciencias de la UAEMex, realiza investigación en espectroscopia óptica de emisión de plasmas a baja presión y presión atmosférica y tratamiento de aguas residuales.
Josefina Vergara Sánchez es egresada de la UAEMor y actual investigadora en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la UAEMor, se dedica al estudio de los Procesos Avanzados de Oxidación y el tratamiento de aguas residuales.
Horacio Martínez Valencia es egresado de la UNAM y actual investigador en el Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM, realiza investigaciones en diagnóstico y aplicaciones de plasmas atmosféricos y de baja presión.

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

Sin duda, tú también lo sabes: "Hay un problema alarmante en cuestión del abasto de agua en el país y a nivel global." Por ejemplo, para la primera quincena del presente año la CONAGUA informó que prácticamente más del 80% del país se encuentran con problemas de sequías y en consecuencia se sufre de no tener un buen abasto de agua. En la primera quincena de 2024 tuvimos un 42.7% menos lluvia que en el mismo periodo del año anterior, lo que se agrega [1], a la falta de precipitaciones de la estación lluviosa del año 2023.
El agua, además de su empleo en los hogares para fines de higiene y servicios, es fundamental en diversos sectores. Según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en el año 2020, aproximadamente 90,000 hm^3 (1 hectómetro cúbico equivale a mil millones de litros) de agua se destinaron a satisfacer las demandas de los distintos sectores, siendo predominante a nivel nacional el uso agrícola, representando un consumo del 68% del volumen total, mientras que el uso público-urbano abarca el 15%, el uso múltiple el 7%, y el restante se distribuye entre la industria, termoeléctricas, comercio, entre otros sectores [2]. Al darnos cuenta que el sector que más utiliza agua en México es el agrícola, consideramos vital realizar investigación en el campo de la producción vegetal para disminuir y eficientizar el consumo de agua en este sector.
Un ejemplo del consumo de este sector lo reporta la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, que menciona que, en el año 2022, México se posicionó entre los tres principales productores mundiales de aguacate (dos millones 541 mil toneladas), espárrago, guayaba, frambuesa, zarzamora, limón, mango y chile verde [3]. De manera específica, Michoacán es responsable de aproximadamente el 75% de la producción de aguacate en México lo que económicamente es favorable, sin embargo, la expansión de este cultivo está generando impactos ambientales, incluida la alteración de los procesos hidrológicos debido al intenso uso de agua, ya que en promedio se requieren 1,181.6 litros para producir un kilogramo de aguacate [4]. Entonces, una propuesta de solución al desabasto de agua es hacer más eficiente su consumo por el sector agrícola, para esto se requiere reducir el desperdicio del vital líquido y proponer alternativas que eficiente el proceso de producción de los diferentes productos.

Agua activada por Plasma (AAP)
En física, el término plasma hace referencia a un gas ionizado, en el cual interactúan partículas cargadas, positivas, negativas y neutras, es decir, está constituido principalmente por iones (átomos o moléculas con carga positiva o negativa), electrones y radiación ultravioleta, entre otros elementos. El plasma es el cuarto estado de agregación de la materia y constituye más del 90% de la materia visible en el universo, se puede observar por ejemplo en las estrellas y galaxias; en la tierra se presenta en la ionosfera, en tormentas eléctricas y auroras (boreales y australes), entre otros ejemplos. Además, es posible generar plasma, ya sea en entornos de laboratorio o en procesos industriales. Para ello es necesario la aplicación de una cantidad de energía capaz de generar la ionización de un determinado gas.
En años recientes, se ha descubierto que el agua al interactuar con un plasma generado a presión atmosférica puede adquirir propiedades específicas y benéficas para su aplicación en cultivos. La empresa VitalFluid, fundada en 2014 por P. Leenders y P. Ooij, comercializa sistemas de activación de agua por plasma para su uso en la Agricultura, y conduce actualmente investigación para su aplicación en la medicina y limpieza de superficies [5]
El agua activada por plasma (AAP) es agua que ha sido tratada mediante una corriente de gas ionizado (plasma), que es rica en especies reactivas. El gas ionizado puede ser el aire, cuya composición es un 80% de nitrógeno y un 20% de oxígeno aproximadamente. Cuando el plasma entra en contacto con el agua, se producen varias especies reactivas de oxígeno y nitrógeno en la interfaz aire-líquido. Las especies reactivas primarias generadas reaccionan con las moléculas de agua y forman varias especies secundarias que son cruciales para las aplicaciones. Las especies activas generadas se pueden dividir en especies de larga vida, como moléculas de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) u ozono (O_3), o iones como los nitritos (NO_2-) y nitratos (NO_3-), que normalmente tienen un tiempo de vida media de minutos a días. También se forman especies de vida corta, con vidas medias que oscilan entre un nanosegundo y varios segundos, los radicales hidroxilo (OH), el óxido nítrico (NO) y el peroxinitrito (ONOO-), los cuales reaccionan con el medio rápidamente para crear otras especies más estables. Otras propiedades fisicoquímicas del agua se modifican al interactuar con el plasma, por ejemplo, tanto la tensión superficial como el valor del pH disminuyen, mientras que la conductividad eléctrica aumenta; se sabe que la magnitud del cambio depende del tiempo de duración del tratamiento con plasma [6].

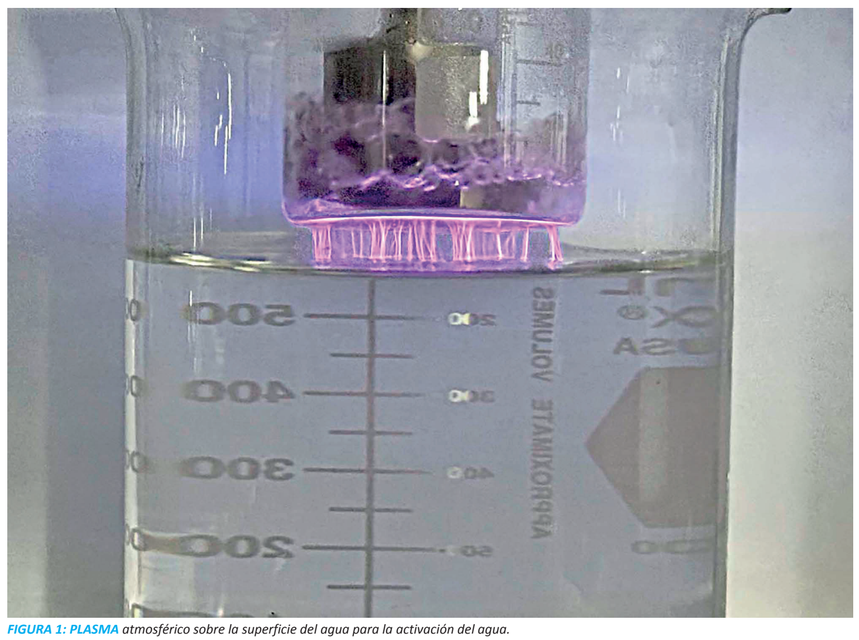

FIGURA 1: PLASMA atmosférico sobre la superficie del agua para la activación del agua.

En el Laboratorio de Análisis y Sustentabilidad Ambiental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc (EESX), perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), en colaboración con el Laboratorio de Física Avanzada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México, se ha estudiado el efecto de la aplicación del AAP en la producción vegetal, bajos los parámetros ambientales y de producción de la región oriente del estado de Morelos.
Para generar el AAP en el laboratorio, el plasma a presión atmosférica es producido sobre la superficie del agua contenida en un reactor, que en esencia consiste en un vaso de precipitado, el cual tiene un electrodo en la parte inferior (sumergido siempre en el líquido) y un segundo electrodo es colocado sobre la superficie del agua, siendo ahí donde se aplica el alto voltaje hasta que el gas presente en la interfaz liquido-aire es ionizado, generando un plasma atmosférico. En la figura 1 se observa el plasma producido en la superficie del agua, el cual presenta una coloración de tonalidades propias de una descarga eléctrica generada en aire.

Aplicaciones del AAP en Morelos
En la literatura es posible identificar diversos estudios del AAP usado en la agricultura y esto se debe a que no se cuenta con el conocimiento completo de los posibles efectos que causa el AAP en cada uno de los productos agrícolas.
En la EESX, el agua activada por plasma se ha empleado para la germinación de diversos productos. En el caso del frijol ayocote se observó que al emplear AAP a diferentes tiempos de activación, al sexto día, se tiene una germinación 30% superior que las semillas regadas con agua sin activar. Por otro lado, a los 12 días, antes de ser trasplantadas las plántulas cualitativamente tenían mayor vigor, es decir, el tamaño de las plantas, ancho del tallo, tamaño de las hojas y todas las variables medidas, son mayores respecto al testigo; esto resulta favorable si se quiere reducir la cantidad de agua usada para este fin, debido a que el mismo producto requerirá el riego por menos días para su germinación y crecimiento, además, de reducir costos de producción pues las especies regadas no presentaron enfermedades o presencia de plagas. Lo anterior se determinó a través de un análisis microbiológico que se realizó en toda la planta.

El AAP se ha usado también en la EESX para el lavado de granos de maíz con presencia de hongos. Mucho del grano que se tiene almacenado tiende a presentar hongos que hacen imposible su uso para el consumo humano. Los experimentos que se han hecho y consisten en sumergir los granos de maiz durante 15 minutos en el AAP han tenido buenos resultados en la eliminación del hongo, lo que sugiere su posible aplicación a mayor escala.

El AAP puede utilizarse en el lavado de frutas y verduras para prolongar su tiempo de almacenamiento o transporte. Esto se debe a que el agua tratada con plasma posee propiedades microbicidas, capaces de eliminar la carga bacteriana en estos productos. En la EESX, se ha aplicado este tratamiento a tomates, nopales e higos, observándose resultados positivos, ya que estos productos exhibieron una notable extensión en su tiempo de vida de anaquel, en el caso del nopal se tiene un aumento del 50-60%. Si se logra aumentar la vida de anaquel de un producto, esto evitaría que el agua usada para su producción se haya desperdiciado y permitiría un mejor abasto y distribución de las cosechas. Este tipo de agua tratada con plasma también podría ser eficaz en el tratamiento de otros productos que se cultivan en la región como aguacates, fresas, cebollas, chile habanero y otros productos de alto valor agregado. Incluso, se ha reportado trabajos donde se emplea en la industria de carnes, lácteos y embutidos para incrementar la vida útil de estos productos.

Aún no se cuenta con la solución al problema del agua; sin embargo, la búsqueda de alternativas que hagan más eficiente el uso de este vital líquido en los distintos sectores es de vital importancia. La suma de todas las acciones, por pequeñas que estas parezcan, evitará que tengamos desabasto. En este artículo hemos ejemplificado propuestas de germinación, desinfección, riego, y en general producción vegetal de diversos productos agrícolas, mostrando que el uso del agua activada por plasma puede abrir un área de oportunidad referente a la disminución de la cantidad de agua usada para riego con la misma cantidad de producción e incluso aumentarla, también se puede prolongar el tiempo de vida de anaquel de los productos o en su defecto usar los que ya se tienen almacenados y con esto disminuir las cantidades monumentales de agua que actualmente se usan para la necesaria producción agrícola.

Referencias
[1] CONAGUA, Informe semanal del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas, 23 de enero de 2024. https://www.gob.mx/conagua/prensa/informe-semanal-del-comite-tecnico-de-operacion-de-obras-hidraulicas-356066?idiom=es

[2] CONAGUA, Usos del agua totales. Análisis Nacional, 2020. https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/UsosAgua/#/totales
[3] SADER, México, entre los tres principales productores mundiales de aguacate, guayaba, mango y chile verde. 1 de agosto de 2023. https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-entre-los-tres-principales-productores-mundiales-de-aguacate-guayaba-mango-y-chile-verde#:~:text=-banquete%20tradicional%20Matlatzinca-,M%C3%A9xico%2C%20entre%20los%20tres%20principales%20productores%20mundiales%20de%20aguacate,guayaba%2C%20mango%20y%20chile%20verde
[4] Fuerte- Velázquez D.J. y Gómez-Tagle A., ¿Cuánta agua se requiere para producir 1 kg de aguacate?; un análisis desde la Huella hídrica, Revista C+Tec (Divulgar para Transfromar), Núm. 1 (2023), Art. XIII. https://ctecicti.com/index.php/CTec/issue/view/1/decimo_tercero
[5] VitalFluid https://vitalfluid.es/]
[6] Wong, K.S.; Chew, N.S.L.; Low, M.; Tan, M.K., Plasma-Activated Water: Physicochemical Properties, Generation Techniques, and Applications. *Processes*, **2023**, 11, 2213. https://doi.org/10.3390/pr11072213

Lecturas Recomendadas
1. Celestino Vázquez, J. (2023). Análisis de propiedades fisicoquímicas del agua activada por plasma y su aplicación en la agricultura. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química, UAEMor. http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/3976
2. Pedro Guillermo Reyes Romero, Josefina Vergara Sánchez y Aarón Gómez Díaz. Ayudemos al agua: estamos a tiempo. La Unión de Morelos, 2 de octubre de 2023. https://www.acmor.org/publicaciones/ayudemos-al-agua-estamos-a-tiempo
3. Yamilet Rodríguez, Horacio Martínez (2022). Plasma, aplicaciones en la vida diaria. *Inventio*, 3(5), 49–53. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2540940.pdf

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.

Academia de Ciencias de Morelos, A.C.

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

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos?
CONTÁCTANOS: coord.comite.editorial.acmor@gmail.com