

Recibido: 27.09.2021 • Aceptado: 03.11.2021

Palabras clave: Aguas residuales, agricultura, tratamiento, salud.

El agua residual en la agricultura y la salud

JUAN GILBERTO CEBALLOS MALDONADO

A262672@alumnos.uaslp.mx

CANDY CARRANZA ÁLVAREZ

candy.carranza@uaslp.mx

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZONA HUASTECA, UASLP

El agua es un recurso indispensable para la vida en el planeta, participa en diversas funciones biológicas de los organismos y ecosistemas, sin mencionar los diversos usos en la que es empleada por los seres humanos; su calidad es de suma importancia para mantener un ambiente y desarrollo óptimo. No obstante, como consecuencia de la enorme demanda de agua, ésta presenta distintas limitantes y afectaciones que resultan en la disponibilidad de agua dulce y de la calidad por el incremento de contaminantes emergentes, los cuales eventualmente se convierten en aguas residuales.

Una visión general del agua residual en México y San Luis Potosí

Las aguas residuales son todos aquellos efluentes que provienen de una población después de haber sido utilizada en diversas actividades de tipo industrial, agrícola, doméstica o comunitaria, así como de la mezcla de estas con agua pluvial, superficial y subterránea. El resultado es una combinación de residuos sólidos y líquidos de naturaleza orgánica e inorgánica como detergentes, fármacos, fertilizantes, metales pesados, grasas y desechos humanos. En atención a lo anterior, en México se han construido plantas para el tratamiento de agua residual (PTAR), en las que se realizan tratamientos individuales o combinados de tipo biológico, químico, físico u otro con el fin de volverlas aptas para su reutilización (Rodríguez, García, Valdez, Lara, Rodríguez y Loredo, 2009). El que más se utiliza es el tratamiento por lodos activados, en el que se disminuye principalmente la materia orgánica presente en el agua residual tras el uso de microorganismos degradadores.

Respecto a lo anterior, en el ámbito nacional durante los últimos años la cobertura de PTAR ha incrementado a la par que la cobertura de agua potable y alcantarillado. No obstante, mientras se cubre cerca o poco más del 90 por ciento de las necesidades de agua potable y alcantarillado, sólo aproximadamente el 63 por ciento del agua residual del país es tratada. En ese sentido, tan solo en el estado de San Luis Potosí, se cuenta con una capacidad total instalada para tratar 2792.2 litros por segundo (L/s) distribuidos en 76 PTAR, de los cuales es tratado un caudal de 2169.1 L/s. Es importante mencionar que algunas ciudades del estado potosino no disponen de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales, y las que sí la tienen, utilizan dichas aguas para el riego de cultivos y áreas verdes o, en su defecto, son desechadas en ríos y arroyos (Conagua, 2020); de acuerdo con la información anterior, se sobreentiende que parte del agua residual, no sólo en San Luis Potosí si no también en otros estados del país, es vertida en cauces naturales u otras zonas sin ningún tratamiento. Con ello, se deduce que

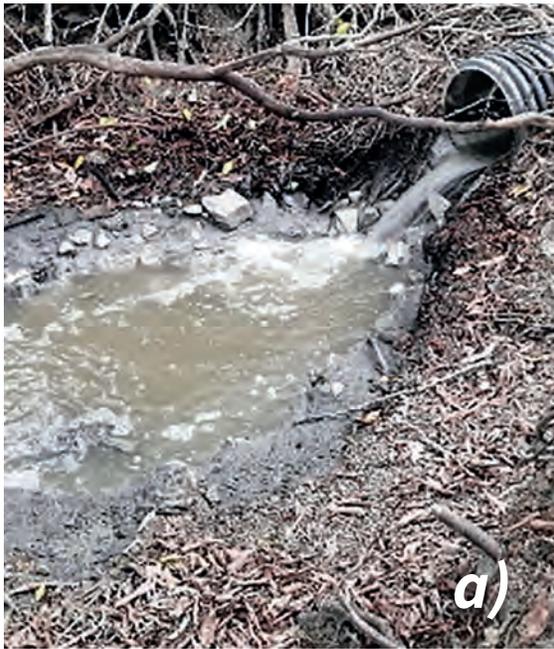


Figura 1. Desecho y salida de aguas residuales de una PTAR en el estado de San Luis Potosí sobre un río: *a)* Aguas residuales no tratadas, *b)* Aguas residuales tratadas.

la infraestructura para el tratamiento de las PTAR no es suficiente, y su generación se incrementa cada vez más debido al aumento de la población o urbanización por el crecimiento de las necesidades del sistema de servicio del agua.

¿Es el agua residual en la agricultura un problema más que un beneficio?

En México y el mundo, una gran fracción del agua dulce es extraída y utilizada principalmente para fines agrícolas; sin embargo, debido a que la distribución natural del agua no es equitativa entre las poblaciones, se requiere utilizar otro medio como fuente de irrigación en los cultivos.

Es decir, el uso de las aguas residuales está convirtiéndose en una alternativa importante en el suministro de agua, especialmente en regiones donde el agua dulce es insuficiente para satisfacer la demanda; un ejemplo de ello son las zonas geográficas con características áridas y semiáridas. Esto con el propósito de ahorrar el agua disponible, así se evita su extracción e incluso se reduce la descarga de aguas municipales y agroindustriales sobre cuerpos de agua. Además, las aguas residuales contienen elementos útiles como el carbono orgánico que pueden contrarrestar las deficiencias de nutrientes en las tierras agrícolas y disminuir el uso de

fertilizantes químicos (Sheidaei *et al.*, 2016); además de otros nutrientes como calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), potasio (K) y nitrógeno (N), los cuales promueven el crecimiento de vegetales, así como la producción de clorofila, por tanto, contribuyen en el rendimiento de los cultivos agrícolas.

Aun así, el uso de aguas residuales presenta múltiples desventajas en la agricultura, dado que dicho recurso es delicado; pues en ella suelen estar presentes xenobióticos y microorganismos patógenos que representan un riesgo en la cadena alimenticia al ser bioacumulados en las especies vegetales comestibles. Los cultivos agrícolas de hoja y raíz, como la lechuga (*Lactuca sativa L.*) y zanahoria (*Dacus carota L.*), son los más afectados por los contaminantes de las aguas de riego, pues, por lo general, su fracción comestible es la mayor parte del vegetal.

De esta forma, las aguas residuales tratadas y no tratadas, en muchas ocasiones, presentan elevados contenidos de macro y micronutrientes como el fósforo (P), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn); asimismo, contienen bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) y sodio (Na^+), que en exceso llegan al suelo y promueven su salinidad y erosión. De acuerdo con Muhaidat, Al-Qudah, Al-Taani y Aljammal (2019), las aguas residuales de igual manera son fuente de

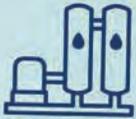
Aguas residuales, uso y aprovechamiento



El crecimiento poblacional y las actividades antropogénicas afectan la disponibilidad de agua dulce. Lo que genera grandes volúmenes de agua residual, resultado de la combinación de distintos tipos de residuos.



Es indispensable generar alternativas que ayuden al tratamiento del agua; además de nuevas investigaciones y la incorporación de tecnologías para que este recurso sea completamente apto en un futuro para su uso y aprovechamiento.



En México, para contrarrestar el incremento de contaminantes emergentes en las aguas residuales se han construido plantas de tratamiento; en SLP existen 76.



El vertimiento de agua residual tratada y no tratada en causas naturales y otros sitios, puede ocasionar enfermedades y problemas debido a los xenobióticos y microorganismos que en ella se encuentran.



El agua residual puede ser utilizada como alternativa importante para satisfacer la demanda de agua y evitar su extracción, especialmente en zonas áridas.



En la agricultura, uno de los beneficios es que las aguas tratadas introducen nutrientes en los cultivos, así se evita el uso de fertilizantes químicos.

Ceballos y Cervantes (2022). *Universitarios Potosinos*. pp. 9-14.



nitratos (NO_3), los cuales en altas concentraciones llegan al ser humano por medio del consumo de vegetales y pueden poner en riesgo la salud tras ser transformados a compuestos carcinógenos como los nitritos (NO_2). Las aguas residuales también pueden presentar cierta concentración de metales pesados como cadmio (Cd) y plomo (Pb), una problemática preocupante al ser elementos no biodegradables, persistentes y tóxicos; además de que son dispersoras de microorganismos como *Escherichia coli*, protozoos como *Giardia* y *Cryptosporidium*, helmintos y virus. Recientemente y con base en la situación actual de pandemia, autores como Wu *et al.*, (2020), señalan presencia de SARS-CoV-2 en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

El hecho de encontrar contaminantes de distinta naturaleza en los cultivos agronómicos, se debe a que en ocasiones las aguas residuales utilizadas no reciben un tratamiento previo y en los casos en que se aplica, este no es eficaz. Parte de esto se atribuye a la falta de infraestructura que muchas PTAR presentan al no ser capaces de tratar el volumen de agua residual total que perciben, como resultado de la urbanización, industria-

lización y crecimiento poblacional; sin mencionar que muchas ciudades no cuentan con PTAR, ya que suelen representar una inversión costosa. Lo anterior deriva en el desecho de este tipo de agua sobre cuencas u otras zonas (figura 1). Un claro e importante ejemplo de esto último es la contaminación del río Lerma-Santiago, cuyas aguas son receptoras de aguas residuales municipales e industriales, así como de otro tipo de contaminantes, mismos que afectan a la población a través de diversos tipos de enfermedades, sin excluir el daño biológico a la propia cuenca y organismos vivientes que dependen de sus aguas.

De esa manera, las aguas residuales pueden generar una variedad de problemas en las características físico-químicas del suelo agrícola, así como de efluentes en las que es vertida y cuya agua también es utilizada para riego de cultivos. Problemas dentro de los que se encuentran, por ejemplo, los cambios sobre el pH, la conductividad eléctrica (CE) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC), así como la afección y modificación de la población microbiana característica del medio. La contaminación de los cultivos tras la bioacumulación



Figura 2. Efecto agudo del agua residual sobre la morfología de cotiledones y raíz principal de *Raphanus sativus* L. (barra de escala=1mm)

Es licenciado en Bioquímica por la Facultad de Estudios Profesionales Zona Huasteca de la UASLP, en donde actualmente es asistente de investigación en el Laboratorio de Investigación en Ciencias Ambientales y colabora en proyectos de análisis de aguas y micropropagación *in vitro* de orquídeas.



de metales pesados, patógenos y otros xenobióticos no sólo daña la morfología, crecimiento y salud del vegetal, sino también directa e indirectamente a la salud humana y animal a diferentes plazos tras el consumo de estos cultivos de interés o sus productos derivados. Además de que a su vez se generan pérdidas en los cultivos por los bajos rendimientos obtenidos, así como sus ganancias económicas.

¿Qué daños puede generar el agua residual en la salud?

Tras su consumo, la ingestión de vegetales cultivados e irrigados con aguas residuales causan enfermedades como la diarrea, el cólera, las parasitosis, gastroenteritis, reacciones de vómito y enfermedades virales. Asimismo, el contacto con agua residual puede generar infecciones, alergias o enfermedades en la piel u otras zonas; en casos extremos, cuando el agua se encuentra muy contaminada con elevadas concentraciones de xenobióticos como el arsénico, plomo, benceno y tolueno, se desencadenan problemas hematológicos como la anemia y otras enfermedades que pueden ser responsables de la muerte humana, así como la aparición de distintos tipos de cáncer.

Efecto de aguas residuales en cultivos comestibles

Debido a la problemática descrita en párrafos anteriores, en el Laboratorio de Investigación en Ciencias Ambientales de la Facultad de Estudios Profesionales Zona Huasteca (FEPZH) de la UASLP, se comenzó a trabajar con la caracterización fisicoquímica y toxicológica del agua residual tratada y no tratada, con el objetivo de evaluar sus posibles efectos sobre organismos vegetales (figura 2) y determinar la presencia de metales pesados como Cd, Pb y Cu. Para ello, se emplearon diversas hortalizas que se cultivan en suelos alledaños a las descargas de aguas residuales en la Huasteca potosina; una de ellas fue *Raphanus sativus* L. En dicho estudio se encontró

que el agua residual cruda ocasionó efectos fitotóxicos aparentes como oxidación de cotiledones y daño en el crecimiento de la raíz, mientras que el agua tratada ocasionó oxidación de cotiledones en menor grado. Lo anterior indica la necesidad de tratar las aguas residuales adecuadamente para evitar posibles efectos a las plantas y, por ende, consecuencias para la salud humana.

Conclusiones

Debido a la problemática de las PTAR en la mayoría de los municipios del estado de San Luis Potosí, es importante contar con alternativas ecológicas de bajo costo como el uso de plantas fitorremediadoras que puedan contribuir a la remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos persistentes. Cabe recalcar que las buenas prácticas, así como la incorporación de nuevas investigaciones y tecnologías enfocadas en el tratamiento eficiente de las aguas residuales, harán que este recurso sea apto para su uso y aprovechamiento sustentable en futuras generaciones, de esta forma se pretende evitar efectos negativos si no se le da un tratamiento adecuado. **UP**

Referencias bibliográficas:

- Conagua (2020). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua. Gobierno de México.
- Muhaidat, R., Al-Qudah, K., Al-Taani, A.A. y Aljammal, S. (2019) Assessment of nitrate and nitrite levels in treated wastewater, soil, and vegetable crops at the upper reach of Zarqa River in Jordan. *Environ Monit Assess*, 191(3).
- Rodríguez-Ortiz, J. C., García-Hernández, J. L., Valdez-Cepeda, R. D., Lara-Mireles, J. L., Rodríguez-Fuentes, H. y Loredó-Osti, C. (2009). Calidad agronómica de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(3), pp. 355-367.
- Sheidaei, F., Karami, E. y Keshavarz, M. (2016). Farmers' attitude towards wastewater use in Fars Province, Iran. *Water Policy*, 18, pp. 355-367.
- Wu, F.Q., Xiao, A., Zhang, J. B., Gu, X. Q., Lee, W. L., Kauffman, K. et al. (2020). SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases, *MedRxiv*.