

## Artículo de divulgación

## Potabilización de agua de lluvia para consumo humano: mitos y realidades

Cristina Morales-Figueroa<sup>1</sup> \* , Verónica Martínez-Miranda<sup>1</sup> ,  
Ivonne Linares-Hernández<sup>1</sup> , Elia Alejandra Teutli-Sequeira<sup>2</sup> ,  
& Luis Antonio Castillo-Suárez<sup>1</sup> 

## Resumen

La seguridad del recurso del agua es de suma importancia para el desarrollo social, económico y medioambiental en cualquier región del mundo. La recolección de agua de lluvia ofrece beneficios invaluables para la sociedad principalmente en zonas rurales las cuales carecen de sistemas de agua centralizados. Al mismo tiempo que se considera una de las soluciones para resolver el problema del abastecimiento del agua. La potabilización del agua de lluvia no representa grandes costos y si muchas ventajas. Este artículo se centra en una revisión de literatura sobre los diferentes mitos que se tienen del agua de lluvia y su consumo humano. El objetivo de esa revisión es brindar la realidad del agua de lluvia para consumo humano, desmentir los mitos que se tienen sobre su calidad y brindar información para motivar la recolección de agua de lluvia en viviendas considerando las condiciones óptimas para su recolección y almacenamiento.

**Palabras clave:** Sistema de recolección, agua potable, tratamiento, disponibilidad de agua, calidad del agua.

## Abstract

Water security is of paramount importance for social, economic, and environmental development in any region of the world. Rainwater harvesting offers invaluable benefits to society mainly in rural areas which lack centralized water systems. At the same time, it is considered one of the solutions to solve the problem of water supply. The purification of rainwater does not represent great costs and many advantages. This article focuses on a literature review on the different myths about rainwater and its human consumption. The myths that are held about its quality and provide information to motivate the collection of rainwater in homes considering the optimal conditions for its collection and storage.

**Key words:** Collection system, drinking water, treatment, water availability, water quality.

Recibido: 08 de enero de 2024.

Aceptado: 19 de abril de 2024.

## Introducción

El agua potable es necesaria para la salud pública. Recientemente 2,100 millones de personas, lo que representa dos tercios de la población mundial, no pueden acceder al agua potable y experimentan un estrés hídrico severo (Dao *et al.* 2017). Según la

Organización Mundial de la Salud, alrededor de 844 millones de personas no cuentan con suministro de agua potable, y 663 millones de personas están usando agua que no cumple con los estándares para el consumo humano (Alim *et al.* 2021). Los problemas de agua potable presentan

<sup>1</sup> Facultad de Química, Unidad Colón, Paseo Colón esq. Paseo Tollocan, Residencial Colonia Ciprés, 50120 Toluca de Lerdo, Estado de México.

<sup>2</sup> Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA), Universidad Autónoma del Estado de México, Unidad San Cayetano, Km. 14.5, carretera, Toluca-Atlacomulco, C.P. 50200 Toluca, Estado de México, México.

<sup>3</sup> Cátedras CONACYT-IITCA.

\* **Autor de correspondencia:** cmoralesf002@alumno.uaemex.mx (CMF)

mayores amenazas para el futuro por la ausencia de sistemas de suministro de agua centralizados por parte del gobierno, así como a la falta de un enfoque económico y sostenible del agua potable (UNESDOC 2020).

La mala calidad del agua afecta negativamente la salud humana y los ecosistemas de varias maneras, reduciendo la disponibilidad de agua y haciéndola inadecuada para diferentes usos. La urbanización acelerada, el crecimiento exponencial de la población, el uso intensivo de fertilizantes y pesticidas en la agricultura, la degradación de la tierra, la gestión inadecuada de aguas residuales y desechos son las principales causas de la contaminación del agua (UNESCO 2016).

El agua de lluvia constituye la entrada primordial del sistema hidrológico y es el factor principal que controla la hidrología de una región. Esta proviene del ciclo cerrado el cual inicia en la atmosfera con

la formación de nubes de vapor de agua producto de la evaporación de los océanos, en donde los cambios en la temperatura provocan su precipitación, sea de forma líquida como la lluvia, sólida como el granizo y la nieve, o condensada como el rocío y la escarcha (Fig. 1) (Rashid *et al.* 2021). Las bajas concentraciones de contaminantes y poca mineralización en el agua de lluvia son el beneficio principal de transformarla como una fuente alternativa de agua potable que ayude a mitigar el estrés hídrico que se vive a nivel mundial (CONAGUA 2019).

Las tecnologías aplicadas en el tratamiento de agua de lluvia son variadas, principalmente se aplican procesos fisicoquímicos, biológicos, desinfección, procesos de oxidación y procesos electroquímicos (Ding *et al.* 2018, Ferreira *et al.* 2019, Khayan *et al.* 2019b, Liu *et al.* 2020, Reyneke *et al.* 2020). Aunque para lograr la calidad del agua potable, la mayoría de los tratamientos deben combinarse para



**Figura 1.** Ciclo del agua de lluvia.

una mayor efectividad en la eliminación de contaminantes (Senevirathna *et al.* 2019).

Debido a la falta de información sobre las características físicas, químicas y biológicas del agua de lluvia recolectada en cada región y por los costos que implica ser tratada para fines de consumo humano, su uso se limita a usos secundarios, por lo que no existe un aprovechamiento adecuado del agua de lluvia. El objetivo de esa revisión es brindar la realidad del agua de lluvia para consumo humano, desmentir los mitos que se tienen sobre su calidad para su consumo y brindar información para motivar la recolección de agua de lluvia en viviendas considerando las condiciones óptimas para su recolección y almacenamiento.

## Mitos sobre el agua de lluvia

### *Mito #1. ¿El agua de lluvia es apta para consumo humano?*

La lluvia es un excelente proveedor de agua para aquellas personas que se ubican en zonas tropicales ya que se cuenta con lluvias de forma regular y abundantes. Sin embargo, la calidad del agua de lluvia suele alterarse al recoger elementos contaminantes que se encuentran en la atmósfera (gases, metales pesados, aerosoles y partículas en suspensión como polvo y ceniza) (Jamali *et al.* 2019, Richards *et al.* 2021). Las condiciones atmosféricas altamente contaminadas pueden afectar negativamente la calidad del agua de lluvia (principalmente en zonas urbanizadas e industriales.) formando la lluvia ácida por la disolución de carbono, azufre y nitrógeno de la atmósfera en forma de CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>; estos por las emisiones de los vehículos, de la quema de combustibles fósiles en las industrias y de otros procesos antropogénicos y naturales, provocando

una disminución del pH (Mielke 2018).

La recolección del agua de lluvia (RWH) se ha practicado desde el comienzo de la historia humana y los sistemas urbanos de tanques de agua de lluvia han sufrido un aumento de la popularidad en los países desarrollados y en desarrollo recientemente para contribuir a los objetivos de sostenibilidad, incluida la conservación del agua y control local de inundaciones (Bui *et al.* 2021) en ese sentido se recomienda considerar las condiciones de diseño (área de captación, líneas de conducción, trampas de sólidos, filtro de hojas y depósito o tanque de almacenamiento), las herramientas sugeridas, materiales requeridos (lámina galvanizada y PVC) , el uso y mantenimiento, además de una serie de recomendaciones para mantener en buen estado el sistema y sobre todo, evitar que se contamine el agua que colectas por suciedad en los techos (materia orgánica, ramas o heces de aves y roedores) (Dissanayake & Han 2021, Loera-Alvarado *et al.* 2019, SEMARNAT 2021).

Por otro lado, el tiempo y las condiciones de almacenamiento son fundamentales para preservar la calidad del agua de lluvia captada. Si los recipientes en los que se almacena el agua de lluvia no se encuentran limpios, probablemente se presentaría una contaminación cruzada, lo cual haría que su consumo no sea apto para las personas (Tran *et al.* 2021). Aunque el agua se recoja directamente del cielo hacia el recipiente, y no por medio de alcantarillas o sistemas de cañería, existe muy baja probabilidad de que el agua que bebas este 100% limpia y por lo tanto no es apta para consumo humano, limitándose a propósitos no potables (lavado, descarga de inodoros, uso de lavandería, lavado de autos, barrido de calzadas, relleno de piscinas y spas, riego de jardines, calefacción y

refrigeración, y muchos procesos de fabricación) (Rashid *et al.* 2021). Sin embargo, usando las tecnologías adecuadas es posible dar el un tratamiento para acondicionarla, y lograr una calidad para consumo humano.

### **Mito #2. ¿Un filtro es suficiente para obtener agua de lluvia apta para consumo humano?**

Los tratamientos por métodos fisicoquímicos (adsorción/filtración) se basan en el uso de materiales filtrantes y absorbentes (arena de moluscos, grava, carbón activado, zeolita) que permiten la eliminación de partículas coloidales, partículas en suspensión y algunos microorganismos presentes en el agua (Khayan *et al.* 2019a). La filtración se lleva a cabo mediante una etapa de transporte que lleva las partículas al medio filtrante y una etapa de unión que ocurre a través de interacciones partícula-superficie (Cescon & Jiang 2020). Este proceso se centra en la eliminación de turbidez, color, microorganismos y partículas, incluidos los que ya están presentes en el agua y los que se forman mediante el pretratamiento (Cescon & Jiang 2020). La eficiencia del filtro depende de características físicas como: tamaño del grano, forma, porosidad y la relación entre la profundidad del lecho y el tamaño del grano del medio (Patel 2019).

Esta alternativa de filtración permite remover materia nitrogenada (94 -100%) , metales pesados (95%) , turbidez (70-85%) , materia orgánica (25-32) % , coliformes totales (60-65%) (Blondeel *et al.* 2018) del agua de lluvia. Por lo tanto, este tratamiento es atractivo y puede recomendarse como un paso de pulimento que puede emplearse con éxito para la eliminación de metales, nitrógeno amoniacal y turbidez o como tratamiento acoplado filtración/

adsorción para mejores resultados de eliminación de contaminantes y garantizar un agua apta para consumo humano (Shadeed & Alawna 2021). El tratamiento adecuado depende de la calidad del agua de lluvia recolectada, en una zona rural se esperaría tener menor concentración de contaminantes que en una zona urbana e industrializada por lo que serían necesarias menos etapas de operación para su tratamiento. Sin embargo, sólo un filtro no sería suficiente para garantizar la calidad de agua de consumo en ninguna de las zonas.

### **Mito #3. El agua de lluvia como alternativa para mitigar estrés hídrico**

El estrés hídrico a nivel mundial es reflejo de diversos factores comenzando por la demanda excesiva del agua de lluvia, el crecimiento exponencial de la población, la contaminación de aguas superficiales, la industrialización y urbanización (Yang & Li 2023). Por otro lado, es resultado de una administración ineficiente del recurso vital y políticas públicas no exitosas para la adecuada distribución del agua y el mantenimiento de su infraestructura (Morales-Figueroa *et al.* 2023).

La RWH es uno de los métodos tradicionales que las personas han practicado en diversas ubicaciones geográficas a lo largo del tiempo, para recolectar y almacenar agua para consumo humano y otras actividades (lavar, cocinar, riego e incluso beber) (Chen & Shah 2019). En América Latina y el Caribe, desde hace siglos se han practicado estos tipos de sistemas para uso doméstico, donde la recolección del agua proveniente de los techos se ha realizado en cisternas, jagüeyes y aljibes.

El uso de agua de lluvia recolectada para usos no potables puede reducir la demanda de agua de un suministro de

agua central considerablemente. Además, capturar la escorrentía de lluvia puede minimizar inmensamente la presión sobre el sistema de gestión de aguas pluviales. En áreas rurales (alrededor de 100,000,000 millones de personas en el mundo) dependen parcial o totalmente de estos sistemas de recolección de agua de lluvia para mitigar la escasez de agua, controlar inundaciones y asegurar agua para situaciones de emergencia (Hugues 2019).

Actualmente países de Europa y América Latina están implementando cada vez más sistemas de recolección de agua de lluvia en viviendas con la finalidad de reducir el desabasto de agua potable. 34% de los hogares australianos poseía un tanque de agua de lluvia logrando un ahorro de agua potable del 60%. Alemania tuvo un ahorro de agua potable del 30 al 60 % con la instalación del sistema RWH (Alim *et al.* 2020). Brasil instaló 1,000,000 millón de tanques para la recolección de agua de lluvia, para beneficiar a 5,000,000 millones de personas. Estados Unidos ha implementado sistemas de recolección de agua de lluvia en 15 de sus estados, cuenta con alrededor de 50 compañías especializadas en el diseño de RWH (Duran *et al.* 2010). Por lo que es realidad que la recolección y uso de agua de lluvia ayuda a minimizar el estrés hídrico que se vive a nivel mundial.

#### **Mito #4. ¿La potabilización de agua de lluvia puede afectar el curso del agua?**

El aprovechamiento y gestión integral del agua de lluvia son fundamentales ante dos retos actuales, el desarrollo urbano y el cambio climático. Además de ser una alternativa sustentable, por esta razón, una gestión integral eficiente y sustentable del agua de lluvia representa una ventaja ante tres problemas severos que se tienen

en la actualidad:

- Aumenta la disponibilidad de agua. Es común encontrar que sectores importantes de la población deben recorrer grandes distancias para recolectar el agua disponible, la cual no siempre es potable incrementando el riesgo de epidemias y enfermedades graves (UNESDOC 2020).
- Mitigar inundaciones. Controlar y almacenar el agua de lluvia evita que la infraestructura urbana se sature ya que cada vez resulta más ineficiente por el aumento de los volúmenes de agua que deben ser desalojados (Akter *et al.* 2020, Hdeib & Aouad 2023).
- Evitar la contaminación de fuentes naturales. Evita el arrastre de basura, sedimentos y grasas a ríos, canales, lagos y humedales, así como evita que la tierra absorba estos desechos y que contamine las reservas subterráneas de agua (Wu *et al.* 2023).

Por otro lado, debido a que la mayoría de las edificaciones comerciales y de vivienda, no cuentan con sistema de recolección de agua de lluvia que separe las aguas pluviales de las aguas municipales, esta recolección evitará la contaminación y desecho de agua de lluvia en las alcantarillas, así como la disminución de aguas municipales que tengan que ser tratadas. Contrario a perjudicar el curso del agua podemos decir que la captación de agua de lluvia representa beneficios económicos al ser un recurso gratuito, medio ambientales permitiendo la conservación de las reservas de agua potable y la recarga de mantos acuíferos; y sociales al reducir la demanda de agua potable (CONAGUA 2017).

#### **Conclusiones**

Existe muy baja probabilidad que el agua

de lluvia recién captada este 100% limpia y por lo tanto no es apta para consumo humano, limitándose a propósitos no potables, o a un tratamiento previo para su consumo. El tratamiento adecuado depende de la calidad del agua de lluvia recolectada, sólo un filtro no sería suficiente para garantizar la calidad de agua de consumo en ninguna de las zonas. El uso de agua de lluvia mediante la instalación del sistema de RWH representa un ahorro de agua potable del 30 al 60 % aproximadamente, haciéndola útil para reducir el nivel de estrés hídrico. La captación de agua de lluvia representa beneficios económicos, medio ambientales y sociales dentro de los cuales se ayuda a la recarga de mantos acuíferos.

## Agradecimientos

A dos revisores anónimos quienes nos aportaron comentarios que ayudaron a mejorar el presente documento.

## Referencias

- Akter, A., A. H. Tanim & M. K. Islam. 2020.** Possibilities of urban flood reduction through distributed-scale rainwater harvesting. *Water Science and Engineering*, 13(2), 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2020.06.001>
- Alim, M. A., A. F. M. A. Ashraf, A. Rahman, Z. Tao, R. Roy & M. M. Khan. 2021.** Experimental investigation of an integrated rainwater harvesting unit for drinking water production at the household level. *Journal of Water Process Engineering*, 44, 2214-7144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102318>
- Alim, M. A., A. Rahman, Z. Tao, B. Samali, M. M. Khan & S. Shirin. 2020.** Suitability of roof harvested rainwater for potential potable water production: A scoping review. *Journal of Cleaner Production*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119226>
- Blondeel, E., S. De Wandel, R. Florin, S. Hugelier, M. Chys, V. Depuydt, K. Folens, G. Du Laing, A. Verliefe & S. W. H. Van Hulle. 2018.** Physical-chemical treatment of rainwater runoff in recovery and recycling companies: lab-scale investigation. *Environ. Technol.*, 39(17), 2251-2265. <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1354074>
- Bui, T. T., D. C. Nguyen, M. Han, M. Kim & H. Park. 2021.** Rainwater as a source of drinking water: A resource recovery case study from Vietnam. *Journal of Water Process Engineering* 39. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101740>
- Cescon, A. & J. Q. Jiang. 2020.** Filtration process and alternative filter media material in water treatment. *Water (Switzerland)* 12(12), 1-20. <https://doi.org/10.3390/w12123377>
- Chen, Z. & T. M. Shah. 2019.** An Introduction to the Global Soil Status' in R Schaldach & R Otterpohl. In *Environmental Studies*, 5, 7-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.15480/882.2339>
- CONAGUA. 2017.** Estadísticas del agua en México. Disponible en: [www.gob.mx/conagua](http://www.gob.mx/conagua)
- CONAGUA. 2019.** Reporte del Clima en México. Servicio Meteorológico Nacional, 1-27. Disponible en: <http://www.accuweather.com/en/mx/mexico-weather>
- Dao, A. D., D. C. Nguyen, & M. Y. Han. 2017.** Design and operation of a rainwater for drinking (RFD) project in a rural area: Case study at cukhe elementary school, Vietnam. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 7(4), 651-658. <https://doi.org/10.2166/washdev.2017.055>
- Ding, A., J. Wang, D. Lin, R. Zeng, S. Yu, Z. Gan, N. Ren, G. Li & H. Liang. 2018.** Effects of GAC layer on the performance of gravity-driven membrane filtration (GDM) system for rainwater recycling. *Chemosphere* 191: 253-261. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.034>
- Dissanayake, J., & M. Han. 2021.** The effect of number of tanks on water quality in rainwater harvesting systems under sudden contaminant input. *Science of the Total Environment journal*, 769, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144553>
- Duran, P. 2010.** Captación De Agua De Lluvia, Alternativa Sustentable. Congreso Nacional Del Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional 1-14. Disponible en: [https://www.academia.edu/39666680/Captaci%C3%B3n\\_de\\_agua\\_de\\_lluvia\\_alternativa\\_sustentable](https://www.academia.edu/39666680/Captaci%C3%B3n_de_agua_de_lluvia_alternativa_sustentable)
- Ferreira, M. P. S., P. S. M. Santos, M. T. Caldeira, A. C. Estrada, J. P. da Costa, T. Rocha-Santos & A. C. Duarte. 2019.** White bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a sorbent for the removal of zinc from rainwater. *Water Research* 162: 170-179. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.04.034>

org/10.1016/j.watres.2019.06.064

- Hdeib, R. & M. Aouad. 2023.** Rainwater harvesting systems: An urban flood risk mitigation measure in arid areas. *Water Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.04.004>
- Hugues, R. T. 2019.** La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*,40(2),125–139. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382019000200125&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000200125&lng=es&nrm=iso). ISSN 1680-0338.
- Jamali, W., R. R. E. Mulhern, S. Ronsse, S. Heylen, H. Blommaert, S. Potemans, C.V. Mendizábal & J. Terrazas. 2019.** Arsenic contamination in rainwater harvesting tanks around Lake Poopó in Oruro, Bolivia: An unrecognized health risk. *Science of the Total Environment*, 688,224–230.<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.126>
- Khayan, K., A. H. Husodo, I. Astuti, S. Sudarmadji & T. S. Djohan. 2019.** Rainwater as a Source of Drinking Water Health Impacts and Rainwater Treatment. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, (1), 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2019/1760950>
- Liu, Z., Y. L. Lin, W.H. Chu, B. Xu, T. Y. Zhang, C. Y. Hu, T.C. Cao, N. Y. Gao & C. Di. Dong. 2020.** Comparison of different disinfection processes for controlling disinfection by-product formation in rainwater. *Journal of Hazardous Materials* 385. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121618>
- Loera-Alvarado, L. A., M. Torres-Aquino, J. F. Martínez-Montoya, R. Cisneros-Almazán & J. J. Martínez Hernández. 2019.** Calidad del agua de escorrentía para uso agrícola captada en bordos de almacenamiento. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6 (17). <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.1867>
- Mielke, H. W. 2018.** Dynamic geochemistry of tetraethyl lead dust during the 20th century: Getting the lead in, out, and translational beyond. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15 (5). <https://doi.org/10.3390/ijerph15050860>
- Morales-Figueroa, C., E. A. Teutli-Sequeira, V. Martínez-Miranda, L. A. Castillo-Suárez & I. Linares Hernández. 2023.** El estrés hídrico en México: retos, estrategias y tendencias futuras de cómo enfrentar el día cero. *DIOTIMA* 6 (11): 951–952.
- Patel, H. 2019.** Fixed-bed column adsorption study: a comprehensive review. *Applied Water Science*,9(3). <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0927-7>
- Rashid, A. R. M., M. A. Bhuiyan., B. Pramanik & N. Jayasuriya. 2021.** Life cycle assessment of rain- water harvesting system components to determine environmentally sustainable design. *Journal of Cleaner Production*, 326.<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129286>
- Reyneke, B., M. Waso, S. Khan, & W. Khan. 2020.** Rainwater treatment technologies: Research needs, recent advances and effective monitoring strategies. *Current Opinion in Environmental Science and Health* 16: 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.02.010>
- Richards, S., L. Rao, S. Connelly, A. Raj, I. Raveendran, S. Shirin, P. Jamwal & R. Helliwell. 2021.** Sustainable water resources through harvesting rainwater and the effectiveness of a low-cost water treatment. *Journal of Environmental Management*,286. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112223>
- SEMARNAT. 2021.** Sistema de captación de agua de lluvia SCALL manual de instalación. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 2: 28.
- Senevirathna, S., S. Ramzan, & J. Morgan. 2019.** A sustainable and fully automated process to treat stored rainwater to meet drinking water quality guidelines. *Process Safety and Environmental Protection* 130: 190–196. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.08.005>
- Shadeed, S., & S. Alawna. 2021.** Optimal Sizing of Rooftop Rainwater Harvesting Tanks for Sustainable Domestic Water Use in the West Bank, Palestine. *Water*, 13(4), 573. <https://doi.org/10.3390/w13040573>
- Tran, S. H., H. T. T. Dang, D.A. Dao, V. A. Nguyen, L. T. Nguyen, V. A. Nguyen & M. Han. 2021.** On-site rainwater harvesting and treatment for drinking water supply: assessment of cost and technical issues. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 28(10), 11928–11941. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07977-0>
- UNESCO. 2016.** IHP-VIII thematic area 3: addressing water scarcity and quality; activities and outcomes 2014–2015.
- UNESDOC. 2020.** Agua y cambio climático: Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. 167.
- Wu, J., Q. Ye, L. Sun, J. Liu, M. Huang, T. Wang, P. Wu & N. Zhu. 2023.** Impact of persistent rain on microplastics distribution and plastisphere community: A field study in the Pearl River, China. *Science of The Total Environment*, 879. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163444>

[doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163066](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163066).

**Yang, K., & Y. Li. 2023.** Effects of water stress and fertilizer stress on maize growth and spectral identification of different stresses. *Spectrochemical Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 297. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2023.1227>