



## **Más cambio climático más agroquímicos**

Alexis Joavany Rodríguez-Solís<sup>1</sup>, María Luisa Castrejón-Godínez<sup>2</sup>, Patricia Mussali-Galante<sup>1</sup>, Efraín Tovar-Sánchez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Biotecnología, <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, <sup>3</sup>Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

\* [alexis.rodriguez@uaem.mx](mailto:alexis.rodriguez@uaem.mx)

### Resumen

La agricultura es una de las principales actividades económicas a nivel mundial. En la actualidad, las prácticas agrícolas requieren el uso de grandes cantidades de agroquímicos, como fertilizantes y plaguicidas, esenciales para garantizar y mantener los niveles de producción y combatir las plagas que afectan nuestros cultivos. Sin embargo, debido a su uso a gran escala, toxicidad y persistencia, los agroquímicos generan contaminación ambiental y graves impactos en los ecosistemas. La producción agrícola depende en gran medida de factores ambientales como la estructura y la calidad nutricional del suelo, el acceso a recursos hídricos en grandes volúmenes, así como de condiciones climáticas favorables, como la temperatura, la radiación solar, la humedad y la precipitación, entre otros. Debido a los impactos del cambio climático global, se presentarán alteraciones en patrones de precipitación, así como en la frecuencia de sequías y otros eventos climáticos extremos, generando cambios en las condiciones climáticas en los sistemas agrícolas, reducciones en el acceso y calidad de los recursos hídricos, pérdida de la fertilidad de los suelos y aumentos en la incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos, generando un grave impacto para la continuidad, rendimiento y la calidad de la producción agrícola, por lo que para contender con estas problemáticas, el uso de agroquímicos se incrementará sustancialmente en condiciones de cambio climático, generando a su vez un incremento en sus impactos ambientales.

**Palabras clave:** agricultura, contaminación ambiental, plagas agrícolas, plaguicidas, fertilizantes.

## Introducción

¡Comer es un placer!, nadie puede estar en desacuerdo con esta frase que sin duda todos hemos escuchado o utilizado por lo menos alguna vez en nuestro día a día, y por supuesto todos tenemos un platillo favorito que nos reconforta inclusive en los días más difíciles. El arte de la gastronomía no solo se relaciona con el ser humano y su modo de alimentación; es una parte muy importante de la cultura e identidad de los pueblos y un motivo de orgullo para muchos países, incluido México, por supuesto. Sin embargo, rara vez nos preguntamos: ¿de dónde provienen los productos que utilizamos cotidianamente en nuestras cocinas? ¿cómo se producen esos granos, hortalizas, legumbres, frutos y demás insumos que conforman cada platillo en nuestra mesa? Sin duda, la agricultura se encarga de producir y de garantizar que todos estos productos nos lleguen.

Por lo que el desarrollo de la agricultura ha generado grandes beneficios para la humanidad a largo de la historia, no solo permitió establecernos como sociedades sedentarias, sino generando importantes impactos positivos en la economía y por su rol preponderante para garantizar la seguridad alimentaria de las poblaciones, definida por primera vez en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación (Roma, 1996), como el acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen las necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias de todas las personas para llevar una vida activa y sana.

A través de las prácticas agrícolas se producen alimentos y materias primas que permiten el desarrollo de las sociedades humanas. Sin embargo, el desarrollo de los sistemas agrícolas ha sido dispar entre los diferentes países y regiones del mundo, observándose un mayor desarrollo de la agricultura industrializada, en países como Canadá, Estados Unidos y gran parte de la Comunidad Europea, por otro lado los sistemas de agricultura tradicionales subyacen en países con un limitado desarrollo económico principalmente en África y Asia, muchos de los cuales adicionalmente han experimentado crisis prolongadas en sus sistemas agrícolas. Por su parte, en México se observa un desarrollo agrícola diversificado, con agroindustrias de sólido desarrollo en convivencia con sistemas de agricultura tradicional<sup>1</sup>.

A pesar de los grandes beneficios de la agricultura, esta actividad también genera impactos adversos en los ecosistemas<sup>2</sup>. Para mantener los niveles de producción requeridos por una población en constante crecimiento, es necesario incrementar la extensión de tierras de cultivo, el volumen de recursos hídricos destinados a la agricultura, así como el uso de agroquímicos, fertilizantes y plaguicidas, a gran escala, lo que genera una presión importante sobre los ecosistemas, debido a los cambios en el uso de suelo, la explotación desmedida de aguas superficiales y subterráneas con fines de riego, así como el deterioro del suelo y la contaminación ambiental generada por los agroquímicos, debido a su naturaleza tóxica y elevada persistencia ambiental<sup>3</sup>.

## Impactos del cambio climático sobre los sistemas agrícolas

El cambio climático, generado principalmente por la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, liberados como resultado de las actividades antropogénicas, provoca grandes impactos negativos y

presiones sobre los sistemas agrícolas, evidenciando su vulnerabilidad. Entre los impactos más importantes del cambio climático se destacan incrementos de la temperatura, modificaciones en los patrones de precipitación, eventos climáticos extremos más frecuentes, así como la proliferación de plagas y enfermedades en los cultivos<sup>4</sup>.

Por lo que como resultado del cambio climático, se presentarán alteraciones en los ciclos productivos, redistribuciones de las áreas agrícolas, cambios en la fenología (ciclos de crecimiento) de los cultivos, disminución en la disponibilidad de agua para riego, lluvias más intensas o sequías, inundaciones, erosión y pérdida de fertilidad del suelo, así como la proliferación de plagas y la redistribución de sus áreas de incidencia, generando en su conjunto importantes reducciones en los rendimientos o calidad nutricional de los productos agrícolas. Estos impactos, en su conjunto, generarán efectos socioeconómicos muy importantes, derivados principalmente de incrementos en los costos de los productos agrícolas y de desigualdades en su acceso, especialmente para poblaciones vulnerables.



Figura 1. Impactos del cambio climático en los sistemas agrícolas.

En la actualidad, millones de toneladas de plaguicidas se liberan cada año en los campos de cultivo de todo el mundo. A nivel mundial, se reportó un consumo de plaguicidas cercano a 3.7 millones de toneladas para el año 2023, con una aplicación promedio de 2.4 kg/ha, siendo los 1) herbicidas (52.6 %), 2) fungicidas y bactericidas (21.5 %) y 3) los insecticidas (20.9 %) los tipos de plaguicidas más relevantes. Por su parte, en México se consumieron alrededor de 37 mil toneladas de plaguicidas, principalmente: 1) fungicidas y bactericidas (24 mil toneladas), 2) insecticidas (8.5 mil toneladas) y 3) herbicidas (5 mil toneladas). El uso de plaguicidas en la



agricultura ofrece una protección significativa contra las plagas, mejora el rendimiento de los cultivos y garantiza la calidad de los productos agrícolas durante su almacenamiento y distribución, lo que genera beneficios económicos para los agricultores y asegura el abasto para los consumidores<sup>5</sup>.

Por otra parte, con el objetivo de garantizar el desarrollo adecuado, la salud y la resistencia de los cultivos, principalmente en las prácticas de agricultura intensiva, cada año se agregan a los suelos agrícolas millones de toneladas de fertilizantes químicos, principalmente para suplementar nitrógeno (amonio y urea), fósforo (superfosfato y monofosfato de amonio) y potasio (fertilizantes a base de potasa)<sup>6,7</sup>. A nivel mundial, el consumo conjunto de estos fertilizantes superó los 190 millones de toneladas en 2023. Las mayores cantidades de fertilizantes químicos se utilizan en el continente asiático, principalmente en China e India, con niveles de consumo cercanos a 60 millones de toneladas de compuestos de nitrógeno, 20 millones de toneladas de fósforo y 15 millones de toneladas de potasio. En México se consumieron 1.9 millones de toneladas de fertilizantes, principalmente  $N_2$ <sup>8</sup>. En el contexto del cambio climático, se pronostica un mayor uso de fertilizantes y plaguicidas para garantizar la producción agrícola<sup>9</sup>.

### Aumento del uso de fertilizantes y plaguicidas debido a las consecuencias del cambio climático

El cambio climático ha generado diversos efectos, como olas de calor, sequías, inundaciones, incendios forestales y pérdida de biodiversidad, entre otros<sup>10</sup>. Pero también ha generado un aumento del uso de fertilizantes y plaguicidas en los campos agrícolas<sup>10,11</sup>. Con el aumento de las temperaturas y las variaciones en los patrones de precipitación, los cultivos resultan más vulnerables al estrés ambiental, a las plagas y a las enfermedades. Diversas especies de insectos, bacterias, hongos y malezas que antes no representaban un riesgo ahora se propagan con mayor facilidad, lo que incrementa el uso de plaguicidas. Al mismo tiempo, los suelos, cada vez más degradados por la falta de agua o el exceso de lluvias, requieren mayores cantidades de fertilizantes para mantener los rendimientos agrícolas<sup>12,13,14</sup>.

Aunque estos agroquímicos pueden parecer una solución inmediata, su uso excesivo genera impactos negativos a largo plazo<sup>15</sup>. Los fertilizantes pueden contaminar cuerpos de agua, provocando eutrofización de ríos y lagos<sup>16</sup>, y afectan la salud humana, por ejemplo, pueden causar irritación en la piel y los ojos, problemas respiratorios, así como complicaciones renales o hepáticas. La presencia de nitratos en el agua puede convertirse en nitritos en el cuerpo humano, los cuales pueden generar en bebés metahemoglobinemia o síndrome del bebé azul, una condición que reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno<sup>17</sup>, mientras que, en adultos, la exposición prolongada a nitratos está asociada con cáncer de tiroides<sup>18</sup>. Además, algunos fertilizantes liberan óxidos de nitrógeno (NOx) y amoníaco, que están vinculados con problemas respiratorios, como asma, bronquitis crónica y enfermedades cardiovasculares<sup>19</sup>.

Por su parte, los plaguicidas pueden contaminar el suelo, agua y aire; una vez aplicados en el suelo, se infiltran y contaminan los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos, poniendo en riesgo la salud de las

especies acuáticas y terrestres. Entre los impactos se encuentran las afectaciones a insectos polinizadores, como las abejas, afectar microorganismos, fauna y flora, y generando resistencia en las plagas, haciendo que cada vez se necesiten sustancias más tóxicas<sup>20</sup>. Además, los plaguicidas generan afectaciones en la salud humana, por exposición aguda, ya sea por inhalación ingestión o contacto dérmico, puede generar irritaciones, dolor de cabeza, náuseas, mareos o incluso la muerte. La exposición crónica se ha asociado con alteraciones hormonales, trastornos neurológicos, daño en el sistema inmunológico, enfermedades respiratorias, diferentes tipos de cáncer, como leucemia y linfoma, y efectos reproductivos, incluyendo malformaciones y abortos espontáneos<sup>21,22,23</sup>.

Frente a este panorama, es fundamental repensar el modelo agrícola actual. Transitar hacia prácticas más sostenibles como la agroecología, la rotación de cultivos, el uso de fertilizantes orgánicos, e incorporar enmiendas orgánicas como la composta, que aporta nutrientes, promueve la actividad microbiana, y mejora la estructura del suelo, y el biocarbón, que retiene agua y nutrientes, además de capturar carbono, que mejoran la salud del suelo. Asimismo, el control biológico de plagas, mediante el uso de organismos benéficos como insectos, hongos y bacterias, junto con los bioplaguicidas, permite reducir la dependencia de los productos químicos<sup>24</sup>. Además, adaptar la agricultura al cambio climático no solo implica nuevos insumos, sino también nuevas estrategias y conocimientos que garanticen la seguridad alimentaria sin comprometer el medio ambiente ni la salud humana<sup>25</sup>.

## Conclusiones

El cambio climático no solo altera el clima, sino que también está transformando la forma de producir alimentos. La agricultura, pilar fundamental de nuestra sociedad, enfrenta cada vez más condiciones ambientales extremas, reducciones importantes en la disponibilidad de agua y en la fertilidad del suelo, y un incremento de la incidencia de plagas. Ante estos desafíos, los agricultores han recurrido al uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas para proteger sus cultivos y mantener su producción. Aunque estas herramientas ofrecen soluciones inmediatas, su uso excesivo genera consecuencias ambientales y sociales a largo plazo, como la contaminación del agua, la pérdida de biodiversidad, los riesgos para la salud humana y una mayor vulnerabilidad de los ecosistemas.

Por lo que el futuro de la agricultura dependerá en gran medida de la capacidad de innovar y de adoptar prácticas más sostenibles en la producción de alimentos y materias primas. Esto implica invertir en investigación científica, educación y capacitación para los agricultores, así como en la adopción de tecnologías y prácticas agrícolas que permitan regenerar los suelos agrícolas, mejoren la resiliencia de los cultivos y reduzcan el uso de agroquímicos. Por ello, la agricultura deberá transformarse para enfrentar los retos que plantean las condiciones climáticas futuras y transitar hacia la sustentabilidad.

## Referencias bibliográficas

1. FAO. (2024). *Versión resumida del estado mundial de la agricultura y la alimentación 2024: Transformación de los sistemas agroalimentarios orientada hacia el valor*. Roma. <https://doi.org/10.4060/cd2637es>
2. Gallardo, R. K. (2024). The Environmental Impacts of Agriculture: A Review. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 18, 165–235. <https://doi.org/10.1561/101.00000166>
3. Elumalai, P.; Gao, X.; Parthipan, P.; Luo, J.; Cui, J. (2025). Agrochemical Pollution: A Serious Threat to Environmental Health. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 43, 100597. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2025.100597>
4. Bibi, F., & Rahman, A. (2023). An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and Their Mitigation Strategies. *Agriculture*, 13(8), 1508. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081508>
5. FAO. (2025). *FAOSTAT Pesticides use*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>
6. Del Rossi, G., Hoque, M. M., Ji, Y., & Kling, C. L. (2023). The economics of nutrient pollution from agriculture. *Annual Review of Resource Economics*, 15(1), 105-130. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-111820-021317>
7. Penuelas, J., Coello, F., & Sardans, J. (2023). A better use of fertilizers is needed for global food security and environmental sustainability. *Agriculture & Food Security*, 12(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00409-5>
8. FAO. (2025). *FAOSTAT Selected indicator, Mexico*. <https://www.fao.org/faostat/en/#country/138>
9. Yang, Y.; Tilman, D.; Jin, Z.; Smith, P.; Barrett, C.B.; Zhu, Y.-G.; Burney, J.; D'Odorico, P.; Fantke, P.; Fargione, J. (2024). Climate change exacerbates the environmental impacts of agriculture. *Science*, 385(6713), eadn3747. <https://doi.org/10.1126/science.adn3747>
10. Jha, M. K., & Dev, M. (2024). Impacts of Climate Change. En *Smart Internet of Things for Environment and Healthcare* (pp. 139-159). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-70102-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-70102-3_10)
11. Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16(4), 239-262. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00004-7)
12. Koli, P., Bhardwaj, N. R., & Mahawer, S. K. (2019). Agrochemicals: harmful and beneficial effects of climate changing scenarios. En *Climate change and agricultural ecosystems* (pp. 65-94). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816483-9.00004-9>
13. Hakala, K., Hannukkala, A., Huusela-Veistola, E., Jalli, M., & Peltonen-Sainio, P. (2011). Pests and diseases in a changing climate a major challenge for Finnish crop production. *Agricultural and Food Science*, 20(1), 3-14.
14. Vijai, C., Worakamol, W., & Elayaraja, M. (2023). Climate change and its impact on agriculture. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 11(4), 1-8. <https://doi.org/10.25303/1104ijasvm0108>
15. Dhankhar, N., & Kumar, J. (2023). Impact of increasing pesticides and fertilizers on human health: A review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.766>

16. Tiwari, A. K., & Pal, D. B. (2022). Nutrients contamination and eutrophication in the river ecosystem. En *Ecological significance of river ecosystems* (pp. 203-216). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85045-2.00001-7>
17. Johnson, S. F. (2022). Nitrates and Methemoglobinemia. En *Nitrate Handbook* (pp. 347-355). CRC
18. Said, A. K., Essien, E. E., Abbas, M., Yu, X., Xie, W., Sun, J., Akter, L., & Cote, A. (2022). Association between dietary nitrate, nitrite intake, and site-specific cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 14(3), 666. <https://doi.org/10.3390/nu14030666>
19. Theodorakidou, M., & Lambrou, G. I. (2017). Public health issues from the exposure to nitrogen oxides: a brief review. *ARC J Public Health Community Med*, 2, 44-56. <https://doi.org/10.20431/2456-0596.0204008>
20. Nieder, R., Benbi, D. K., Reichl, F. X., Nieder, R., Benbi, D. K., & Reichl, F. X. (2018). Health risks associated with pesticides in soils. En *Soil Components and Human Health* (pp. 503-573). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-024-1222-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-024-1222-2_10)
21. De Barros, R. M., da Silva, M. C. A., Chong-Silva, D. C., & Chong-Neto, H. J. (2024). Pesticides and human health. *Jornal de Pediatria*. 101(S1), S70-S76. <https://doi.org/10.1016/j.jped.2024.11.008>
22. Garud, A., Pawar, S., Patil, M. S., Kale, S. R., & Patil, S. (2024). A scientific review of pesticides: Classification, toxicity, health effects, sustainability, and environmental impact. *Cureus*, 16(8), e67945. <https://doi.org/10.7759/cureus.67945>
23. Sangaraju, R., Kumar, R., Huynh, T., & Sinha, S. N. (2024). Pesticide Effects on Human Health and Pest Management. En *Insecticides in pest control-impact, challenges and strategies* (pp. 1-36). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1006807>
24. Rodríguez, A., Castrejón-Godínez, M. L., & Monterrosas-Brisson, N. (2025). Pesticides: Environmental Stressors Implicated in the Development of Central Nervous System Disorders and Neurodegeneration. *Stresses*, 5(31), 1-36. <https://doi.org/10.3390/stresses5020031>
25. Sarma, H. H., Borah, S. K., Dutta, N., Sultana, N., Nath, H., & Das, B. C. (2024). Innovative approaches for climate-resilient farming: strategies against environmental shifts and climate change. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(9), 217-241. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i94407>