

1. Introducción

PABLO ALBERTO TORRES LIMA*
JUAN GUILLERMO CRUZ CASTILLO**



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.296.01>

Resumen

Los sistemas agrícolas y alimentarios están intrínsecamente relacionados con el medio ambiente, los recursos naturales y los retos de sustentabilidad. Como parte de las evaluaciones de los riesgos del cambio climático a diferentes escalas, desde lo global hasta lo local, se estiman y proyectan diversos procesos de transformación y cambios en los indicadores de riesgo climático para determinados sectores de la economía (esto es, agricultura) o elementos del mundo natural. Para la agricultura, con especial énfasis en la fruticultura en América Latina, la adaptación al cambio climático puede referirse en términos de conductas y estrategias productivas, de manejo de recursos, tecnológicas, económicas y sociales de respuesta; mientras que la capacidad adaptativa se relaciona con las descripciones y evaluaciones de los sistemas dinámicos e institucionales que entran en juego ante los problemas que enfrentan los sistemas agroproductivos frente a diferentes tipos de cambio, sobre todo en términos de la producción y comercio de frutas (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2024). partir de la contribución de diversos especialistas de diferentes áreas de conocimiento asociadas al concepto integrador de fruticultura y cambio climático, el libro y sus capítulos incluye, por lo tanto, un enriquecedor

* Doctor en Antropología. Profesor investigador, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5253-8580>

** Doctor en Ciencias Hortícolas. Profesor, Universidad Autónoma Chapingo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8687-6235>

intercambio de experiencias analíticas, metodológicas y estudios de caso. Así, se propone un marco novedoso que aproveche los enfoques cuantitativos y cualitativos originales y de vanguardia para integrar y divulgar estudios, investigaciones y colaboraciones estructuradas en torno a las temáticas y problemáticas recientes de la fruticultura.

Palabras clave: *cambio climático, desarrollo sostenible, fruticultura.*

A lo largo de la historia de las civilizaciones, los procesos de adaptación a los cambios climáticos no son nuevos. Las poblaciones humanas, el amplio rango de especies biológicas y los sistemas naturales, entre otros, han estado adaptándose a condiciones cambiantes, que comprenden cambios de largo plazo en el medio ambiente y en los sistemas productivos basados en diversos recursos. Por ejemplo, en la agricultura y sistemas agroproductivos rurales, las poblaciones humanas históricamente han dado respuesta a la variabilidad del clima y a las diferentes presiones ambientales (esto es, déficit de agua) y condiciones económicas (esto es, escasez de alimentos). Sin embargo, en muchos de los casos, bajo diferentes escalas temporales y espaciales, las consecuencias de estas respuestas en los sistemas naturales y agroproductivos han implicado la degradación de cuencas hidrológicas, la pérdida de ecosistemas y su biodiversidad, así como la erosión hídrica superficial y la erosión eólica, entre otros.

Los sistemas agrícolas y alimentarios están intrínsecamente relacionados con el medio ambiente, los recursos naturales y los retos de sustentabilidad. De esta forma, a medida que aumenta la frecuencia e intensidad de los cambios inducidos por la variabilidad climática, crece la preocupación por abordar las cuestiones relacionadas con la transformación de los sistemas y procesos agroalimentarios desde la perspectiva del cambio climático. La mayoría de los problemas, retos y soluciones para la agricultura y los sistemas alimentarios asociados al cambio climático se relacionan con el diseño de estrategias y acciones, así como la movilización de recursos, a fin de proteger a las poblaciones vulnerables de la inseguridad alimentaria y el hambre; así mismo, se vinculan a los procesos de construcción y fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas agroalimentarios, la sustentabilidad

de los recursos naturales y la construcción a largo plazo de rutas de desarrollo para las sociedades regionales.

Como parte de las evaluaciones de los riesgos del cambio climático a diferentes escalas, desde lo global hasta lo local, que aparecen en un número cada vez mayor de publicaciones, se estiman y proyectan diversos procesos de transformación y cambios en los indicadores de riesgo climático para determinados sectores de la economía (esto es, agricultura) o elementos del mundo natural. Un gran número de estudios e investigaciones acerca del cambio climático está en consonancia con la necesidad creada por el Acuerdo de París (AP), cuyo objetivo es restringir el aumento de la temperatura global a un margen “muy por debajo de 2°C” y “proseguir los esfuerzos” para limitar este calentamiento a 1.5°C por encima de los niveles preindustriales (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2015; en Jacob y Guillén, 2024). En este sentido, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha destacado la necesidad de desarrollar mayor investigación alineada con el AP y los riesgos relacionados en su informe especial *Calentamiento global de 1.5°C* (IPCC, 2018).

A fin de aplicar sus propios métodos de reducción de escala de los escenarios de los cambios en el clima, diferentes temáticas o problemáticas en cuestión pueden o no ser encapsuladas dentro del conjunto de implicaciones o incertidumbres del cambio climático. De esta forma, cada estudio o investigación suelen utilizar sus propios paradigmas conceptuales, metodológicos y empíricos para explicar los escenarios socioeconómicos, agroambientales, entre otros, ante el cambio climático. En la mayoría de los casos, se empieza por describir y modelar los retos futuros del desarrollo sostenible antes los riesgos proyectados.

Entre los organismos vivos, las especies de plantas perennes son las más expuestas a los efectos del cambio climático, como el aumento de la temperatura media anual, los fenómenos meteorológicos extremos o las sequías. Los cultivos frutícolas pueden experimentar distintos fenómenos extremos en el mismo año, como inundaciones en algunos periodos y sequía en los meses de verano, temperaturas extremadamente bajas en invierno y excesivamente altas en verano, etcétera. En particular, se estima que el cambio climático afecta a una serie de funciones fisiológicas de las especies de ár-

boles frutales y de frutos secos de zonas templadas, como su fenología, la liberación del letargo de las yemas y la vernalización, la polinización y el cuajado de los frutos, el crecimiento y la calidad de los frutos, así como la brotación de las yemas y el inicio del crecimiento (Roussos, 2024). Los cambios que influyen directamente en la madurez y el desarrollo de los cultivos frutales pasan por el estrés térmico que durante las fases de floración y cuajado puede tener efectos perjudiciales sobre la producción de fruta (Karagatiya et al., 2023), mientras que la fluctuación en las temperatura y la irregularidad del régimen de lluvias puede perturbar la polinización y aumentar el riesgo de plagas y enfermedades (Miller et al., 2024); mientras que los niveles elevados de dióxido de carbono también pueden afectar a las características cualitativas de la fruta (Ameen, 2023).

Para la agricultura, con especial énfasis en la fruticultura en América Latina, la adaptación al cambio climático puede referirse en términos de conductas y estrategias productivas, de manejo de recursos, tecnológicas, económicas y sociales de respuesta; mientras que la capacidad adaptativa se relaciona con las descripciones y evaluaciones de los sistemas dinámicos e institucionales que entran en juego ante los problemas que enfrentan los sistemas agroproductivos frente a diferentes tipos de cambio, sobre todo en términos de la producción y comercio de frutas (Food and Agriculture Organization of the United Nations[FAO], 2024). En cualquiera de los casos, lo que hace innovador la definición de adaptación y el diseño de estrategias, por un lado, consiste en la idea de incorporar el riesgo futuro y los escenarios del cambio climático en los procesos productivos agrícolas y, por el otro, que mediante una agenda de investigación científica, tecnológica y social será posible atender de manera integral las interacciones entre clima, vulnerabilidad, resiliencia, capacidades y sistemas institucionales en la agricultura. En este sentido, en virtud de que los impactos del cambio climático reducen las posibilidades de desarrollo e incrementan a la vez los riesgos para los sectores productivos más vulnerables (esto es, la agricultura), así como los grupos sociales (productores agrícolas y mujeres), se ha considerado a la adaptación y a la promoción de resiliencia de sistemas de cultivos frutícolas como una prioridad creciente por la comunidad internacional, las agencias de desarrollo, los gobiernos, los centros de investigación, las universidades y por las propias comunidades rurales vulnerables; sobre todo,

mediante la generación y aplicación de diversas estrategias como la adopción de prácticas de manejo agronómicas mejoradas, la implantación de sistemas de riego eficientes, la utilización de técnicas de agricultura de precisión y la selección y cultivo de variedades resistentes al clima (Karagatiya et al., 2023).

Para la identificación de temáticas relevantes, la relación de los términos *fruticultura* y *cambio climático* se encuentran, de manera relativamente importante, en diversos motores de búsqueda y base de datos. Se observa que, a pesar de la creciente producción de literatura relacionada al cambio climático, aún falta mayor direccionalidad en los estudios realizados por autores en países del sur global (Chandio et al., 2024; Deori et al., 2024; Karagatiya et al., 2023; Manzoor et al., 2024; Yadav et al., 2023). Se estima que muchas de las principales contribuciones y contribuyentes a la generación de investigación académica sobre el tema de *fruticultura* y *cambio climático* pueden recaer en Latinoamérica (Osorio-Marín et al., 2024); sobre todo porque muchas de las tendencias recientes de investigación, y estudios en agronomía, ocurren en esta área geográfica; las cuales son dinámicas y exploran diversas áreas de conocimiento y programas de formación de recursos humanos en torno a la fruticultura. Sin embargo, aún existen diversos retos prioritarios para los países de Latinoamérica con respecto a la producción y contribución de conocimiento que generen avances en el desarrollo y la aplicación de nuevos sistemas de manejo de cultivos para reducir los efectos del cambio climático.

A partir de las temáticas diversas sobre el objeto de estudio de la relación entre fruticultura y cambio climático, tales como mejoramiento genético de frutales, el uso de nuevos insumos para la producción y manejo postcosecha, la reconversión de cultivos, y las estrategias de agricultura climáticamente inteligente, para este libro y los capítulos que lo integran existen algunos temas críticos a tratar. Se estimó pertinente la presentación de marcos conceptuales y metodológicos, así como de estudios de caso y prospectiva asociados a la fruticultura que exploran perspectivas y soluciones con algunos ejemplos agroecológicos como parte del futuro posible de los sistemas de producción frutícola en América Latina. Lo anterior, consistió como marco de intersección o hilo conductor (conceptual, metodológico y analítico) que guió la conexión entre los capítulos que integran este libro. A partir de la contribución de diversos especialistas de diferentes áreas de conocimiento

asociadas al concepto integrador de fruticultura y cambio climático, el libro y sus capítulos incluye, por lo tanto, un enriquecedor intercambio de experiencias analíticas, metodológicas y estudios de caso. Así, se propone un marco novedoso que aproveche los enfoques cuantitativos y cualitativos originales y de vanguardia para integrar y divulgar estudios, investigaciones y colaboraciones estructuradas en torno a las temáticas y problemáticas recientes de la fruticultura. Sirva pues este libro como reflejo de esta intencionalidad y propósito, como una plataforma común de aprendizaje y colaboración para recuperar algunas experiencias de investigadores en el diseño de herramientas conceptuales de entendimiento y guías metodológicas y prácticas que satisfagan las necesidades de conocimiento e iniciativas sobre el tema de *fruticultura y cambio climático* con algunos ejemplos para América Latina.

A lo largo del libro, y a fin de situar el contexto, en el capítulo 2, Torres y Cruz exponen, a manera de ensayo, diversos ámbitos de investigación en producción de frutales ante el cambio climático, sobre todo los relacionados a procesos agroambientales regionales de adaptación y mitigación frente al cambio climático. Así mismo, presentan consideraciones de la adaptación al cambio climático basada en los servicios ecosistémicos y en la comunidad.

El capítulo 3 tiene como propósito evidenciar los principales factores e implicaciones apreciados del cambio climático en la producción frutícola, tanto en la temperatura, radiación solar, CO₂, precipitación, anegamiento e inundación. Valbuena Gaona, María Munera López, Gerhard Fischer, Stanislav Magnitskiy, Enrique Balaguera López y Guillermo Ramírez Gil abordan en el capítulo 4 el problema de la variabilidad climática en la fruticultura tropical para el caso de Colombia. En particular, a partir de la identificación del área sembrada, la producción y el rendimiento de las principales frutas con potencial de exportación en Colombia, se analiza el potencial efecto de los fenómenos ENSO (La Niña y El Niño) sobre la fruticultura y sus estrategias de mitigación y adaptación.

El capítulo 5 nos remite a la importancia de la producción de frutales y el cambio climático en México. Particularmente, se abordan tanto los sistemas frutícolas tradicionales como los convencionales, o sistemas modernos; ello con la intención de ofrecer consideraciones hacia la sustentabilidad de la producción frutícola. En el capítulo 6, Luis Vázquez Moreno aborda la

fruticultura agroecológica, innovada por agricultores en Cuba, desde la perspectiva de la transición agroecológica y los diseños agroecológicos de sistemas frutícolas múltiples generados por la innovación de agricultores; cierra con consideraciones respecto a las multifunciones ecológicas de sistemas frutícolas múltiples. El capítulo 7 presenta consideraciones basadas en algunos casos de relevancia respecto a la influencia de la variabilidad climática y el incremento de plagas y enfermedades en la fruticultura tropical. Mientras que el capítulo 8 reporta una investigación experimental acerca de la dinámica espacial entre *Coffea arabica* y *Coffea canephora* bajo el cambio climático.

En el capítulo 9 se presenta otra investigación experimental sobre la relación entre los hongos micorrízicos arbusculares y la salud del suelo bajo el sistema milpa intercalada con árboles frutales en la mitigación del cambio climático. Por su parte, el capítulo 10 nos comparte una investigación diagnóstica-descriptiva acerca de los efectos del cambio climático en la naranja en el norte del estado de Veracruz, México, con énfasis en la relación entre el cambio climático y la incidencia de plagas y enfermedades. El capítulo 11 aborda, mediante el reporte de una investigación descriptiva-cualitativa de campo, el análisis prospectivo estratégico del complejo vitivinícola de la provincia de La Pampa, Argentina, particularmente, los actores, desafíos y los escenarios prospectivos conforme a los objetivos de desarrollo sustentable 2030. En el capítulo 12, Gisela Valdés Padilla, Karina Solís López y María de Lourdes Flores López presentan consideraciones respecto a un futuro ecológico y socialmente responsable para el aguacate mexicano; a partir de una revisión de la producción del aguacate en Iberoamérica y su manejo técnico en los principales países productores, se incluyen notas de prospectiva y la generación de escenarios, entre ellos el escenario ideal del aguacate mexicano. En el capítulo 13, Alberto Olvera Vargas y Noé Aguilar Rivera plantean una prospectiva socioeconómica y ambiental de plantaciones y agroindustrias de cítricos en México, sobre todo, al destacar el manejo de residuos como alternativa sustentable. Finalmente, el capítulo 14 presenta las áreas con potencial productivo ante el cambio climático para el caso del aguacate en Puebla, México; particularmente, mediante la aplicación de la metodología para la zonificación de cultivos, usando la evaluación multicriterio y sistemas de información geo-

gráfica, se incluye la distribución espacial de las áreas óptimas para el establecimiento de plantaciones.

Los capítulos proporcionan en conjunto una evaluación armonizada de los cambios previstos en la exposición de sistemas agroalimentarios a los peligros relacionados con el cambio climático, así como las implicaciones en los sistemas de producción frutícolas de los riesgos climáticos. Las anotaciones, resultados, análisis y argumentos presentados en este libro confirman la necesidad de aplicar medidas agroproductivas climáticas acordes con el riesgo generalizado y creciente de cambio climático. Sobre todo proporcionan una confirmación de la rápida escalada de los riesgos del cambio climático que aumentan con cada incremento adicional del calentamiento global. Aunque el libro reporta experiencias particulares con relación a las prácticas investigativas y lugares de estudio de los autores, se puede inferir con claridad que otras regiones de América Latina, o del mundo, experimenten problemas similares. Por tal motivo, es fundamental hacer mayor hincapié tanto en las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático a fin de evitar mayores riesgos tanto para los sistemas de producción frutícola como para los sistemas agroalimentarios.

En este contexto, esta obra forma parte de una ruta de trabajo que, con el fin de enmarcar contribuciones contemporáneas multidisciplinarias respecto a la fruticultura, se ha plasmado en libros que anteriormente hemos coordinado con autores latinoamericanos y que han sido publicados por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, y la Universidad Autónoma Chapingo, tales como: *Enfoques tecnológicos en la fruticultura* (2008); *Frutales para México. Contribuciones del Caribe y Sudamérica* (2002); y *El guanábano. Agronomía y usos de frutales tropicales* (2002). El presente libro incluye 43 autores investigadores provenientes de 13 instituciones, cuyos países de origen son Argentina, Colombia, Cuba, España y México, y a quienes agradecemos su interés temático por participar en esta obra colectiva. De igual manera, agradecemos el apoyo financiero de la Universidad Autónoma Metropolitana para la elaboración de la presente obra.

Referencias

- Ameen, M., Mahmood, A., Ahmad, M., Javaid, M., Nadeem, M., Asif, M., Balal, R., y Khan, B. (2023). Impacts of climate change on fruit physiology and quality. En M. Hasnuzzaman (Ed.), *Climate-Resilient Agriculture*, 1 (pp. 99-124). Springer. http://doi.org/10.1007/978-3-031-37424-1_5
- Aamir, M., Xu, Y., Lv, Z., Xu, J., Shah, I., Sabir, I., Wang, Y., Sun, W., Liu, X., Wang, L., Liu, R., Jiu, S., y Zhang, C. (2024). Horticulture crop under pressure: Unraveling the impact of climate change on nutrition and fruit cracking. *Journal of Environmental Management*, 357. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120759>
- Chandio, A., Gokmenoglu, K., Joyo, M., y Yuansheng Jiang, Y. (2024). Modeling the climate change impacts on major fruits production: Recent evidence from Pakistan. *Scientia Horticulturae*, 324. <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112618>
- Deori, M., Manasa, S., Kakade P., Saikanth, D., Ranganna, G., Deshmukh, R., Homeshvari, X., y Prasad, L. (2024). Impact of Climate Change on Fruit Yield and Quality in Modern Horticultural Practices. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36 (1), 177-187.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2024). *Estrategias de adaptación al cambio climático para la industria de las frutas tropicales: una guía técnica para productores y exportadores de aguacate*. FAO. <http://doi.org/10.4060/cc9309es>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2022). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. IPCC. Cambridge University Press.
- Jacob, D., y Guillén, T. (2024). Editorial Introduction to the Topical Collection: Accrual of Climate Change Risk in Six Vulnerable Countries. *Climatic Change*, 177(45). <http://doi.org/10.1007/s10584-024-03691-9>
- Karagatiya, F., Shivani, P., Parasana, J., Vasava, H., Chaudhari, T., Kanzaria, D., y Paramar, V. (2023). Adapting fruit crops to climate change: Strengthening resilience and implementing adaptation measures in fruit crops. *The Pharma Innovation Journal*, 12(7), 3159-3164.
- Miller, S., Testen, A., Jacobs, J., y Lewis, M. (2024). Mitigating emerging and reemerging diseases of fruit and vegetable crops in a changing climate. *Phytopathology*, 114(5), 917-929.
- Osorio-Marín, J., Fernandez, E., Vieli, L., Ribera, A., Luedeling, E., y Cobo, N. (2024). Climate change impacts on temperate fruit and nut production: a systematic review. *Frontiers in Plant Science*, 15. <http://doi:10.3389/fpls.2024.1352169>
- Roussos, P.A. (2024). Climate change challenges in temperate and sub-tropical fruit tree cultivation. *Encyclopedia*, 4(1), 558-582. <http://doi.org/10.3390/encyclopedia4010036>
- Shubham, S., Korat, J., Yadav, S., Mondal, K., Kumar, A., Homeshvari, X., y Kumar, S.

(2023). Impacts of Climate Change on Fruit Crops: A Comprehensive Review of Physiological, Phenological, and Pest-Related Responses. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(11), 363-371.

United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). *Paris Agreement*. UNFCCC. https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf