

Review Article / Artículo de revisión

# Mapeo de la Horticultura Climáticamente Inteligente: Un análisis bibliométrico y trayectorias emergentes de investigación

*Mapping Climate-Smart Horticulture: A Bibliometric Analysis and Emerging Research Trajectories*

Luis Ramirez <sup>1</sup>, Xavier Macias <sup>1</sup>, Jhon Tapia\* <sup>1</sup>, Daniel Valencia <sup>1</sup>, José Cujilan <sup>1</sup>, and Gabriela Jines <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Sanidad Vegetal, Escuela de Posgrado, Universidad Agraria del Ecuador (UAE), Guayaquil, Ecuador

**Recibido:** 09 diciembre 2025

**Aceptado:** 20 enero 2026

**Publicado:** 30 enero 2026

**Correspondencia:**

Luis Ramirez

[luis.ramirez.naranjo@uagraría.edu.ec](mailto:luis.ramirez.naranjo@uagraría.edu.ec)

**Citación sugerida:**

Ramirez, L. (2026). Mapeo de la Horticultura Climáticamente Inteligente: Un análisis bibliométrico y trayectorias emergentes de investigación. *Land, Crops & Environment*, 1(1), 32–45.

**Derechos:**

© 2026 bajo CC BY 4.0.

## Resumen

La investigación en horticultura se centra en la adaptación y optimización de los sistemas de producción ante los retos globales, entre ellos el cambio climático y la creciente demanda de alimentos. Los estudios emplean métodos diversos, que van desde la mejora genética asistida por tecnologías ómicas y la optimización de la nutrición de cultivos mediante fertirrigación de precisión, hasta la adopción de prácticas sostenibles, como el uso de bioplásticos y el reciclaje. Se han logrado avances notables en el desarrollo de cultivos más resilientes al estrés abiótico, la gestión eficiente de recursos hídricos y nutrientes, el control biológico de plagas, y la incorporación de la robótica y la nanotecnología. Estos hallazgos impulsan una horticultura más productiva, sostenible y adaptable, y sientan las bases para la seguridad alimentaria y la protección ambiental a escala mundial.

**Keywords:** horticultura, sostenibilidad, cambio climático, mejora genética.

## Abstract

Horticultural research focuses on the adaptation and optimization of production systems in the face of global challenges, including climate change and the growing demand for food. Studies employ diverse methods, ranging from genetic improvement assisted by omics technologies and the optimization of crop nutrition through precision fertigation, to the adoption of sustainable practices, such as the use of bioplastics and recycling. Significant advances have been made in the development of crops more resilient to abiotic stress, the efficient management of water and nutrient resources, biological pest control, and

the incorporation of robotics and nanotechnology. These discoveries drive more productive, sustainable, and adaptable horticulture and lay the foundation for global food security and environmental protection.

**Keywords:** horticulture, sustainability, climate change, biological stress.

## 1 Introducción

La horticultura es un pilar para la seguridad alimentaria global y el sustento de las economías rurales, pero afronta desafíos inéditos provocados por el cambio climático, entre ellos temperaturas extremas, precipitaciones erráticas, y un aumento de plagas y enfermedades (Peltonen-Sainio et al., 2015; Thompson and Chauhan, 2022; Pope and Roberts, 2022). A esta presión se suma la necesidad de conferir mayor resistencia a los cultivos mediante ingeniería genética, de atenuar estreses abióticos con innovaciones como la melatonina, y de gestionar la escasez hídrica que obliga a migrar de sistemas de secano a regadío.

En este escenario surge la Horticultura Climáticamente Inteligente, que integra prácticas y tecnologías destinadas a incrementar la productividad y la resiliencia, al tiempo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (Blanke, 2023; Deligios et al., 2021). Entre los ejes de innovación destacan la agricultura de precisión (Longchamps et al., 2022), la biotecnología (Kondakova et al., 2005; Mou and Scorza, 2011), y la gestión sostenible de recursos (Singh et al., 2024). Estas líneas incluyen el empleo responsable de plásticos (Blanke, 2023), el aprovechamiento de residuos vegetales para retener carbono (Deligios et al., 2021), y la incorporación de bioinoculantes microbianos (Singh et al., 2024). Avances paralelos en iluminación LED para el control del crecimiento (Mitchell, 2015), edición genética para mejorar rasgos de calidad (Chen et al., 2020; Upadhyay, 2021), desarrollo de biopesticidas y agentes de biocontrol (Hussain et al., 2020; Ardali et al., 2024), y uso de biostimulantes como alternativa a los agroquímicos (Malik et al., 2021; Galindo et al., 2025) refuerzan esta transformación. La adopción de cultivos protegidos (Nguyen and Lantzke, 2022) y la valoración de especies silvestres comestibles como reservorio de resiliencia genética (Rivera et al., 2024) completan el panorama.

Aunque la innovación progresa con rapidez, aún se requiere una visión integral del estado del arte. El análisis bibliométrico constituye una herramienta idónea para cartografiar la estructura intelectual del campo, revelar tendencias emergentes, identificar vacíos y reconocer actores clave (Upadhyay, 2021; Abebe et al., 2023). Por ello, este estudio aplica un examen bibliométrico exhaustivo a la Horticultura Climáticamente Inteligente, con el fin de delinear su paisaje de investigación y proyectar trayectorias futuras (Abbott, 1999). Este esfuerzo pretende ofrecer una base rigurosa para investigadores, responsables de políticas y profesionales, facilitando decisiones informadas y estrategias que garanticen la sostenibilidad de un sector crucial para la adaptación y la seguridad alimentaria mundiales (Hussain et al., 2020).

## 2 Materiales y Métodos

Para conformar el corpus de estudio se seleccionó Scopus como fuente principal de búsqueda, decisión respaldada por su cobertura amplia y multidisciplinaria, la cual permite recuperar literatura pertinente sobre horticultura y sus innovaciones climáticamente inteligentes (Abebe et al., 2023; Blanke, 2023; Upadhyay, 2021).

Se diseñó una estrategia de búsqueda rigurosa, ensamblando términos relacionados con “Horticultura Climáticamente Inteligente” y sus variantes mediante el operador booleano AND. La consulta incluyó frases como “horticultura climáticamente inteligente”, “CSH”, “horticultura sostenible”, “horticultura ecológica”, “adaptación al cambio climático”, “mitigación del cam-

bio climático”, “agricultura de precisión”, “agricultura inteligente”, “innovación”, “tecnología”, “novedad”, así como categorías de cultivos: “hortícolas”, “verduras”, “frutas”, “plantas ornamentales”. El periodo abarcó desde 1989 hasta junio de 2025, con el fin de captar la evolución completa del campo e identificar tendencias recientes (Mitchell, 2015; La Malfa et al., 2010).

Para asegurar la calidad del corpus se filtraron exclusivamente “Artículos” y “Artículos de revisión”, mientras se descartaron otras tipologías sin revisión por pares. Los registros se exportaron en formato BibTeX para su procesamiento posterior.

En RStudio se importaron los archivos BibTeX mediante `convert2df()`, convirtiendo la información en un marco de datos estructurado M. Se normalizaron nombres de autores, se unificaron afiliaciones y se depuraron palabras clave con `termExtraction()` y `replace.term()`, resolviendo sinónimos como “agricultura inteligente” y “agricultura de precisión” (Chen et al., 2020). Se eliminaron registros con metadatos críticos ausentes, por ejemplo año o resumen, y se generó una descripción inicial con `summary(M)`.

El análisis bibliométrico se llevó a cabo en dos niveles. Primero, métricas descriptivas con `authorProd()`, `countryProd()`, `citations()` y `plot()` en modo “HISTORICALTREE” caracterizaron la producción anual acumulada, los autores, las instituciones y las revistas influyentes (Hussain et al., 2020). Después, la estructura intelectual se examinó mediante cocitación de documentos (Mullins, 2015; Kondakova et al., 2005), acoplamiento bibliográfico y coocurrencia de palabras clave (Peltonen-Sainio et al., 2015; Pope and Roberts, 2022; Thompson and Chauhan, 2022). Este segundo nivel permitió profundizar en tópicos como fenotipado de alto rendimiento, manejo de plagas, mejora genética, uso de bioinoculantes (Singh et al., 2024), valorización de subproductos (Pradeepika et al., 2024), y aplicaciones ómicas en frutales (Abdelrahman et al., 2023; Mou and Scorza, 2011).

Las redes de coautoría, cocitación y coocurrencia de palabras se visualizaron con las funciones gráficas de bibliometrix, y se exportaron a VOSviewer y Gephi para un análisis relacional detallado (Longchamps et al., 2022). Mediante el mapa estratégico se clasificaron los clústeres temáticos por densidad y centralidad, evaluando su madurez e importancia dentro de la HCI.

Finalmente, se reconocen limitaciones inherentes al enfoque, entre ellas la dependencia de una única base de datos, posibles omisiones debidas a variaciones terminológicas o de indexación (Abbott, 1999), el retraso temporal de las citas y la influencia del método de normalización de redes sobre la interpretación de los resultados.

### 3 Resultados

El corpus analizado comprende noventa documentos publicados entre 1989 y 2025 que abordan las innovaciones de la Horticultura Climáticamente Inteligente, HCI (Abbott, 1999; Galindo et al., 2025; Agrimonti et al., 2021; Zhang et al., 2024). Aunque el tamaño de la muestra es modesto en comparación con otras áreas, el promedio de 25,31 citas por artículo indica un impacto sustancial y confirma la pertinencia de la línea de investigación, respaldada por la rigurosa indexación de Scopus (Riggi et al., 2011; Zheng and Xia, 2022). La amplitud temporal superior a tres décadas permite evaluar la trayectoria histórica del campo y, al incluir estudios de 2025, se garantiza la incorporación de los hallazgos más recientes (Zhao and Hu, 2023; Chen et al., 2020).

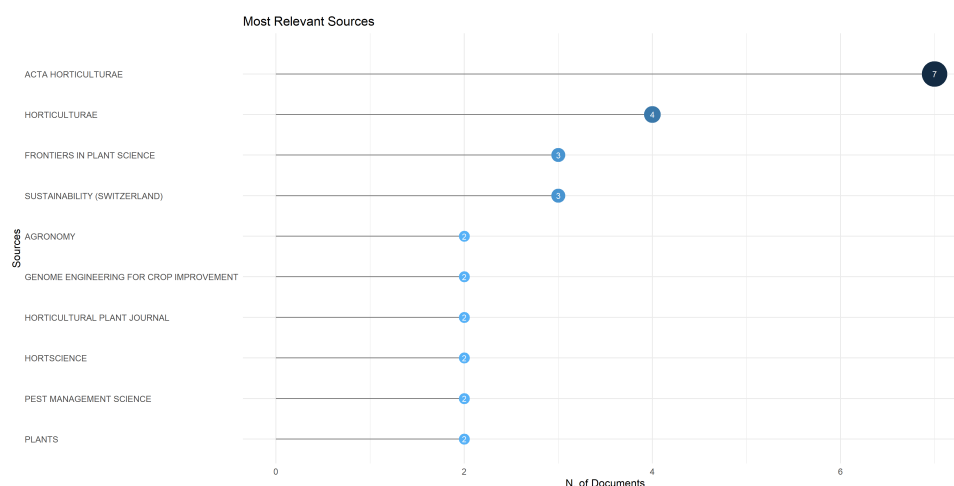
Los trabajos proceden de sesenta y nueve fuentes, entre revistas académicas y actas de congresos, lo que demuestra una diversidad editorial apropiada para un área altamente especializada (Pope and Roberts, 2022; Longchamps et al., 2022; Raghavendra et al., 2022). La identificación de cabeceras prominentes, como *Acta Horticulturae* y *Horticulturae*, permite delinear los canales prioritarios de difusión del conocimiento en HCI (Hussain et al., 2020). El número limitado de documentos responde a la especificidad temática, a filtros de búsqueda estrictos y, posiblemente, a la cobertura selectiva de Scopus respecto de bases especializadas

como Web of Science (EGGER, 1991).

La evolución anual de publicaciones describe un crecimiento gradual que refleja la consolidación progresiva de la disciplina (Malcolm, 2017; Mwikamba et al., 2024). Cada artículo cuenta con un promedio de 4,37 autores y apenas catorce por ciento corresponde a autoría individual, lo que evidencia la naturaleza colaborativa de la investigación climática (Marinelli et al., 2023). Alrededor de una cuarta parte de los estudios involucra coautoría internacional, muestra de un intercambio global de ideas y recursos para afrontar los retos hortícolas derivados del cambio climático (La Malfa et al., 2010; Schmink et al., 2020).

La edad media de los artículos, ligeramente superior a siete años, indica que una proporción considerable de la producción es reciente y, por tanto, refleja tendencias emergentes (Mitchell, 2015). Las elevadas tasas de citación señalan la existencia de trabajos fundacionales cuya influencia resulta clave para el avance conceptual de la HCI (Mullins, 2015; Kondakova et al., 2005). En el plano geográfico, India y China lideran la producción total de documentos, seguidas por Italia y los Estados Unidos, con combinaciones variadas de publicaciones nacionales y colaborativas (Singh et al., 2024; Belmonte-Ureña et al., 2020; Malanski et al., 2021). Países como España y Australia registran volúmenes menores, pero una mayor proporción de cooperación internacional, lo que revela estrategias de investigación basadas en redes amplias (Marinelli et al., 2023).

El análisis de autoría identifica a Kumar Pankaj y Vikram como los investigadores más prolíficos dentro del corpus (Mahna and Nayeri, 2024). La inspección de palabras clave confirma la consolidación de ejes temáticos como sostenibilidad, estrés abiótico y biotecnología, al tiempo que evidencia el auge de tópicos emergentes como la iluminación LED y la edición génica (Upadhyay, 2021; Abebe et al., 2023). El seguimiento temporal de estos términos muestra la transición desde conceptos agrícolas generales hacia enfoques específicos centrados en la horticultura sostenible y las tecnologías de precisión.

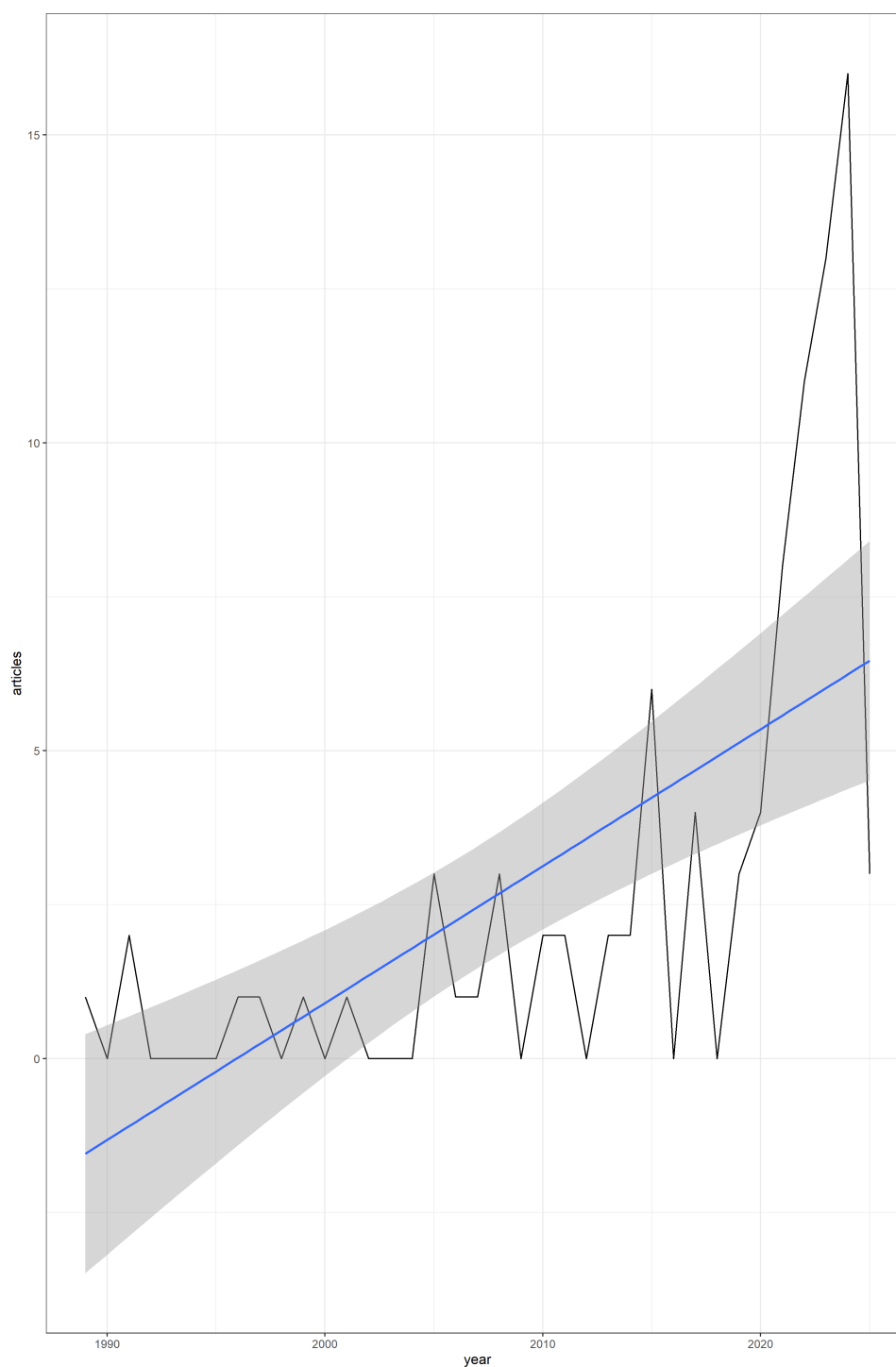


**Figura 1.** Diez fuentes con mayor número de documentos sobre HCI

En síntesis, este análisis patentiza que la HCI es un campo emergente, pero de alta influencia, sustentado en redes internacionales y orientado a soluciones tecnológicas y sostenibles para mitigar los efectos del cambio climático en la producción hortícola.

## 4 Discusión

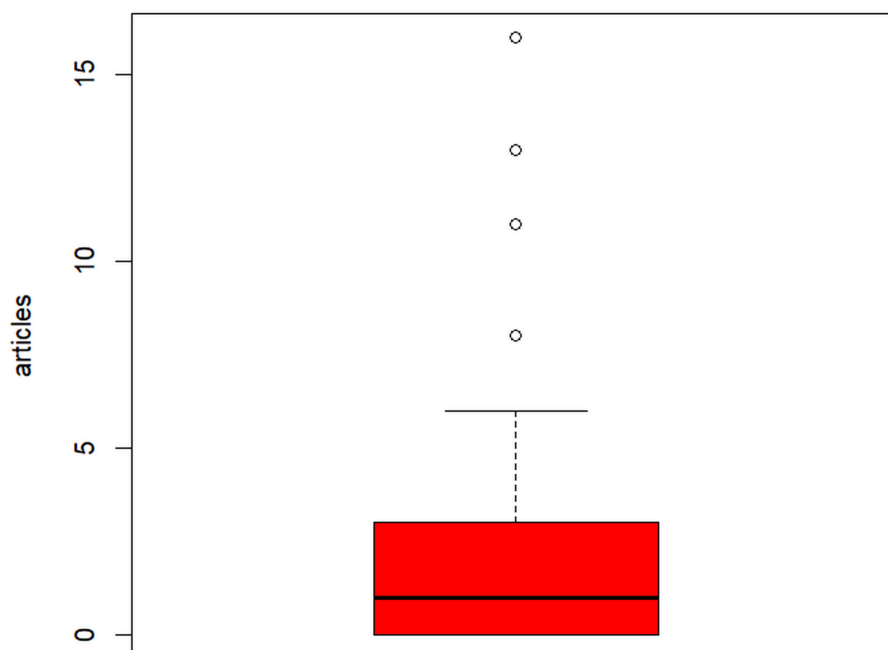
Los resultados confirman una trayectoria ascendente y sostenida en la producción científica, con picos pronunciados de publicaciones durante dos mil veintitrés y dos mil veinticuatro. Este comportamiento indica que la Horticultura Climáticamente Inteligente, HCI, ha alcanzado un grado de madurez apreciable, respaldado por mayores inversiones en investigación y por una



**Figura 2.** Tendencia anual de publicaciones con ajuste lineal y banda de confianza

conciencia global cada vez más clara sobre la necesidad de adaptar los sistemas hortícolas al cambio climático. La alternancia de años con altos y bajos volúmenes de artículos responde a los ciclos de financiación, a la culminación de proyectos colaborativos de gran envergadura y a la rápida adopción de enfoques metodológicos novedosos que reactivan la actividad editorial.

El examen de la autoría por país revela una notable concentración geográfica. India y China lideran la producción total de documentos, situación que refleja tanto la capacidad académica de sus instituciones como la prioridad estratégica que otorgan a la seguridad alimentaria. Estados Unidos, Italia y Brasil complementan el grupo de vanguardia, mientras que un conjunto de naciones con menor volumen, pero intensa participación en coautorías, extiende la red global de conocimientos. Iniciativas trinacionales, como la alianza entre Estados Unidos, Brasil y Mozam-



**Figura 3.** Distribución anual de publicaciones, diagrama de caja

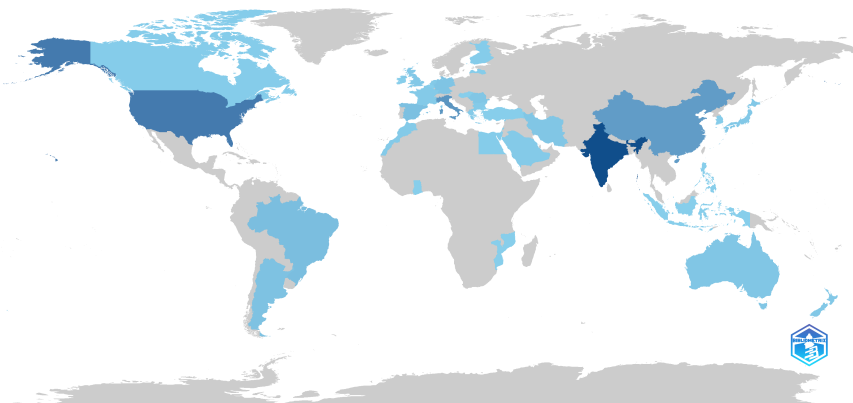
bique, ilustran la transferencia de capacidades para resolver problemas regionales (Schmink et al., 2020). Aunque la producción sigue concentrada, la participación creciente de países con contribuciones modestas sugiere la expansión de la base investigadora.



**Figura 4.** Producción científica por país, comparación entre publicaciones nacionales e internacionales

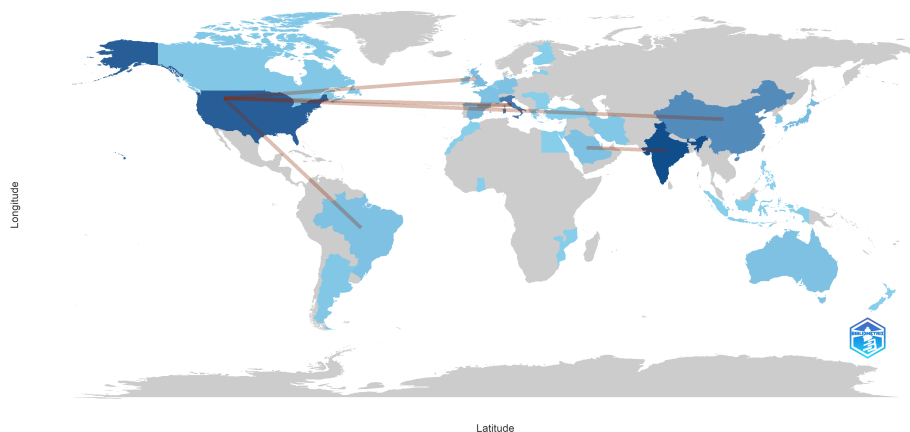
La evolución temática, rastreada por las palabras clave, evidencia un cambio en las prioridades académicas. Los primeros trabajos se centraban en conceptos generales, como *climate change* y *agriculture*, que establecieron la base teórica. Más adelante, el foco se desplazó hacia *crop production* y *horticulture*, subrayando la necesidad de optimizar la productividad. Estudios sobre fertirrigación de precisión confirmaron la relevancia del manejo eficiente de nutrientes y agua (Incrocci et al., 2017). En la etapa reciente, términos como *sustainability*, *horticulture crops* y *plant* dominan el panorama, lo que revela la revalorización de la fisiología y la genética vegetal para incrementar la resiliencia. Las investigaciones abarcan el uso de plásticos biodegradables (Riggi et al., 2011), la aplicación de biostimulantes (Galindo et al., 2025), el reciclaje *in situ* de residuos orgánicos (De Corato, 2020) y la recuperación urbana de nutrientes (Keuter et al., 2021). Adicionalmente, especies aromáticas como el romero se estudian como

Country Scientific Production

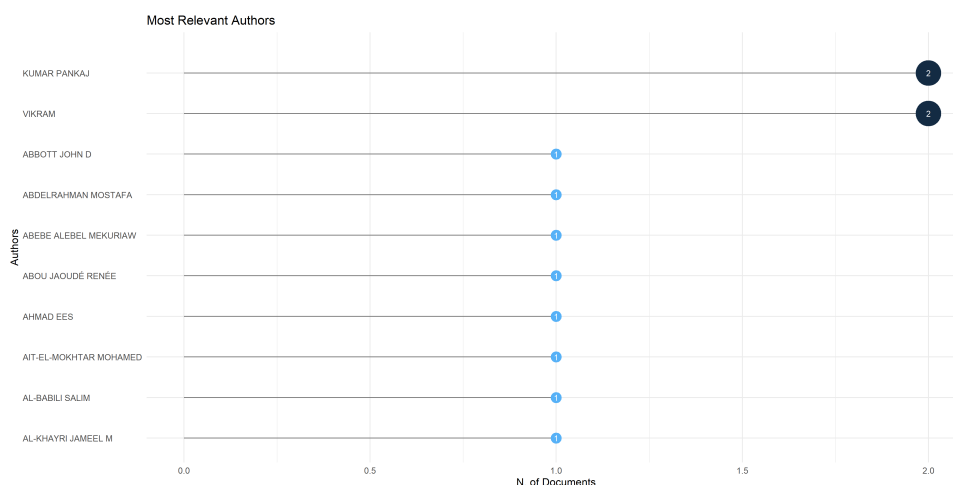


**Figura 5.** Frecuencia total de documentos por país en el intervalo estudiado

Country Collaboration Map



**Figura 6.** Mapa de colaboraciones internacionales, grosor proporcional a la intensidad de coautorías

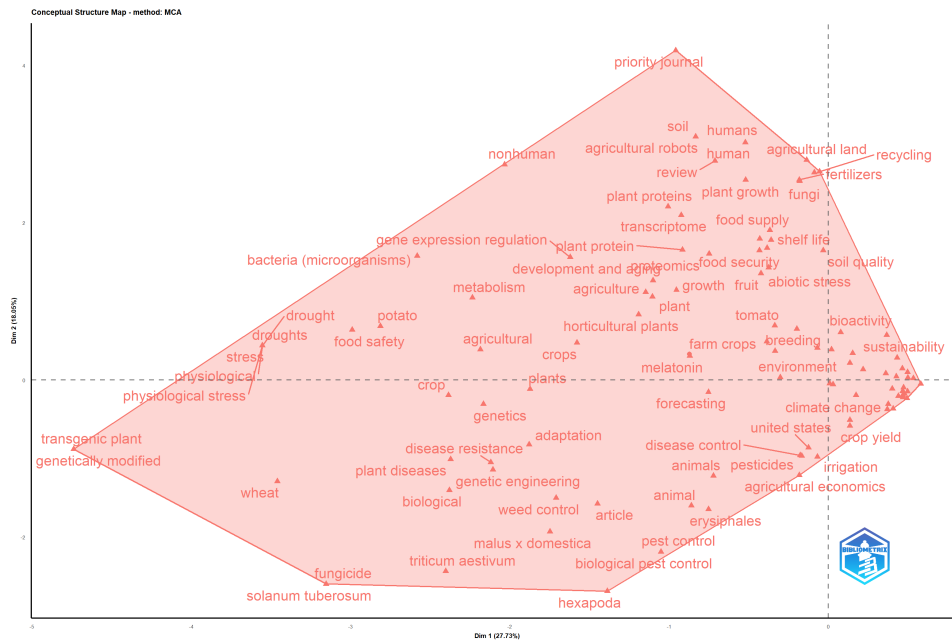


**Figura 7.** Autores con mayor número de publicaciones en el corpus

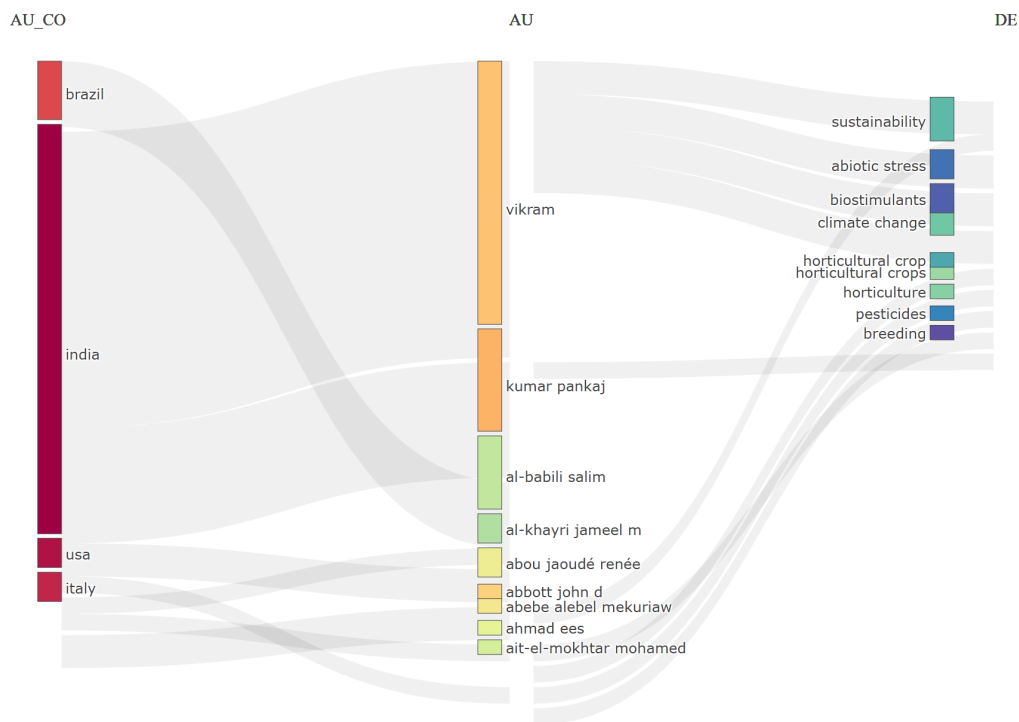
fuentes de compuestos funcionales de alto valor (Qiu et al., 2024).

La resiliencia abiótica, especialmente la tolerancia a la sequía, emerge como línea prioritaria. Trabajos recientes describen el papel de la melatonina en la modulación hormonal y la mejora de la adaptación de los cultivos (Dzinyela et al., 2024). La preparación frente a fenómenos





**Figura 10.** Mapa factorial de palabras clave, Dimensión 1 y Dimensión 2, varianza explicada total 45,78 %



**Figura 11.** Mapa tripartito que relaciona autores, países y palabras clave principales

metilciclopropeno prolonga la vida útil de los frutos, mientras mantiene atributos sensoriales y comerciales (Sozzi and Beaudry, 2007). La nanotecnología aporta fertilizantes de liberación controlada que incrementan la eficiencia del uso de nutrientes y minimizan el impacto ambiental (Ardali et al., 2024). Además, la ecofisiología y la genómica de la polinización, como en el caso del nogal, son fundamentales para garantizar la estabilidad del rendimiento en escenarios climáticos cambiantes (Kumar et al., 2024).

En síntesis, el campo de la HCI avanza desde la caracterización de los retos climáticos hacia soluciones integrales basadas en tecnologías de precisión y estrategias sostenibles. La coop-

eración internacional, el énfasis en la resiliencia y la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible sitúan a la HCI como piedra angular para la seguridad alimentaria y la mitigación de los efectos del cambio climático en la producción hortícola global.

## 5 Conclusiones

La evidencia bibliométrica confirma que la Horticultura Climáticamente Inteligente, HCI, ha dejado de ser un tema marginal para consolidarse como una línea de investigación estratégica y de alta vitalidad, con un incremento sostenido de publicaciones durante las tres últimas décadas y un repunte especialmente pronunciado en dos mil veintitrés y dos mil veinticuatro. El promedio de veinticinco coma treinta y un citas por artículo, muy superior al observado en otras disciplinas emergentes, demuestra que los estudios disponibles no solo son numerosos sino también influyentes, de manera que el acervo generado constituye una base de conocimiento robusta para guiar políticas y prácticas productivas. El análisis geográfico revela que India y China concentran la mayor parte de la producción, situación coherente con el peso de sus sectores hortícolas y con sus ambiciosos programas nacionales de seguridad alimentaria. Al mismo tiempo, la red de coautoría muestra una expansión progresiva de las colaboraciones internacionales, con los Estados Unidos como nodo articulador que facilita el intercambio de datos, infraestructuras y metodologías. El reducido porcentaje de trabajos de autor único y el promedio de más de cuatro investigadores por artículo confirman que la HCI se sustenta en equipos multidisciplinarios y transnacionales, prerequisites indispensables para enfrentar problemas complejos de escala global. En cuanto a la evolución temática, la agenda ha transitado desde aproximaciones generales al cambio climático y a la producción agrícola hacia enfoques específicos centrados en la sostenibilidad de los cultivos hortícolas. La incorporación de biotecnologías, robótica, inteligencia artificial y herramientas ómicas refleja un salto cualitativo que combina ciencia fundamental con innovación aplicada. Este giro apunta a resolver de manera simultánea los retos de la productividad, la calidad nutricional y la resiliencia frente a estreses bióticos y abióticos, todo ello sin comprometer la salud ambiental. En síntesis, la Horticultura Climáticamente Inteligente se encuentra en una fase de expansión y sofisticación aceleradas, impulsada por la urgencia de garantizar alimentos sanos y suficientes bajo escenarios climáticos cada vez más inciertos. Mantener y ampliar las redes de colaboración, profundizar en tecnologías de precisión y reforzar la perspectiva de sostenibilidad serán pasos críticos para que este campo continúe aportando soluciones de alto impacto a la seguridad alimentaria y a la mitigación de los efectos del cambio climático.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Escuela de Posgrado de la Universidad Agraria del Ecuador.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

- Abbott, J. D. (1999). Future horticultural research needs, direction, and opportunities: Crop protection industry perspective. *Acta Horticulturae* 495, 467 – 473. doi: [10.17660/actahort.1999.495.34](https://doi.org/10.17660/actahort.1999.495.34)
- Abdelrahman, M., Rabie, R., El-sayed, M., and Shigyo, M. (2023). Metabolomics and Cytoplasmic Genomics of Allium. In *Compendium of Crop Genome Designing for Nutraceuticals* (Springer, Singapore). 1–27. doi: [10.1007/978-981-19-3627-2\\_52-1](https://doi.org/10.1007/978-981-19-3627-2_52-1)

- Abebe, A. M., Kim, Y., Kim, J., Kim, S. L., and Baek, J. (2023). Image-Based High-Throughput Phenotyping in Horticultural Crops. *Plants* 12. doi: [10.3390/plants12102061](https://doi.org/10.3390/plants12102061)
- Agrimonti, C., Lauro, M., and Visioli, G. (2021). Smart agriculture for food quality: facing climate change in the 21st century. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 61, 971–981. doi: [10.1080/10408398.2020.1749555](https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1749555)
- Al-babili, S. and Singh, S. (2022). Omics in horticultural crops. *Omics in Horticultural Crops*, 1 – 13 doi: [10.1016/B978-0-323-89905-5.00007-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89905-5.00007-1)
- Ardali, T. R., Soleimanpour, L., Ma'mani, L., and Chorom, M. (2024). Opportunities and Future Perspective of Nanofertilizers and Controlled Release Nanofertilizers in Agriculture. *Journal of Water and Environmental Nanotechnology* 9, 223 – 247. doi: [10.22090/jwent.2024.02.08](https://doi.org/10.22090/jwent.2024.02.08)
- Belmonte-Ureña, L., Garrido-Cardenas, J. A., and Camacho-Ferre, F. (2020). Analysis of World Research on Grafting in Horticultural Plants. *HortScience* doi: [10.21273/hortsci14533-19](https://doi.org/10.21273/hortsci14533-19)
- Bertaccini, A., Oshima, K., Kube, M., and Rao, G. P. (2019). *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria - III: Genomics, Host Pathogen Interactions and Diagnosis* (Springer Singapore). doi: [10.1007/978-981-13-9632-8](https://doi.org/10.1007/978-981-13-9632-8)
- Blanke, M. M. (2023). Advances in the Sustainable Use of Plastics in Horticulture—Perspectives, Innovations, Opportunities, and Limitations. *Sustainability (Switzerland)* 15. doi: [10.3390/su151511629](https://doi.org/10.3390/su151511629)
- Chen, Y., Mao, W., Liu, T., Feng, Q., Li, L., and Li, B. (2020). Genome Editing as A Versatile Tool to Improve Horticultural Crop Qualities. *Horticultural Plant Journal* 6, 372 – 384. doi: [10.1016/j.hpj.2020.11.004](https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.11.004)
- Dane, S., Laugale, V., Šterne, D., and Bimšteine, G. (2017). Spreading of diseases in strawberry - Legume intercropping. *Acta Horticulturae* 1156, 627 – 633. doi: [10.17660/ActaHortic.2017.1156.92](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.92)
- De Corato, U. (2020). Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. *Science of the Total Environment* 738. doi: [10.1016/j.scitotenv.2020.139840](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139840)
- Deligios, P. A., Farina, R., Tiloca, M. T., Francaviglia, R., and Ledda, L. (2021). C-sequestration and resilience to climate change of globe artichoke cropping systems depend on crop residues management. *Agronomy for Sustainable Development* 41. doi: [10.1007/s13593-021-00680-5](https://doi.org/10.1007/s13593-021-00680-5)
- Dzinyela, R., Hwarari, D., Opoku, K. N., Yang, L., and Movahedi, A. (2024). Enhancing drought stress tolerance in horticultural plants through melatonin-mediated phytohormonal crosstalk. *Plant Cell Reports* 43. doi: [10.1007/s00299-024-03362-0](https://doi.org/10.1007/s00299-024-03362-0)
- EGGER, E. (1991). Agrometeorology, modelling and forecasting within IPM in horticultural crops and vineyards. *EPPO Bulletin* 21, 385 – 392. doi: [10.1111/j.1365-2338.1991.tb01266.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1991.tb01266.x)
- Galindo, F. S., Moreira, A., Moraes, L. A., Teixeira Filho, M. C., Jalal, A., Oliveira, C. E., et al. (2025). Challenges and promising opportunities for biostimulants application in sustainable agriculture. *Advances in Agronomy* doi: [10.1016/bs.agron.2025.05.003](https://doi.org/10.1016/bs.agron.2025.05.003)

- Hussain, T., Singh, S., Danish, M., Pervez, R., Hussain, K., and Husain, R. (2020). *Natural Metabolites: An Eco-friendly Approach to Manage Plant Diseases and for Better Agriculture Farming* (Springer Singapore). doi: [10.1007/978-981-15-3024-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-3024-1_1)
- Incrocci, L., Massa, D., and Pardossi, A. (2017). New trends in the fertigation management of irrigated vegetable crops. *Horticulturae* 3. doi: [10.3390/horticulturae3020037](https://doi.org/10.3390/horticulturae3020037)
- Keuter, V., Deck, S., Giesenkamp, H., Gonglach, D., Katayama, V. T., Liesegang, S., et al. (2021). Significance and vision of nutrient recovery for sustainable city food systems in germany by 2050. *Sustainability (Switzerland)* 13. doi: [10.3390/su131910772](https://doi.org/10.3390/su131910772)
- Kondakova, V., Todorovska, E., Boicheva, R., Hristova, E., Badjakov, I., Todorova, M., et al. (2005). Genetic resources of small fruits, present and future development. *Biotechnology and Biotechnological Equipment* 19, 4 – 12. doi: [10.1080/13102818.2005.10817281](https://doi.org/10.1080/13102818.2005.10817281)
- Kumar, A., Dangi, G., Kumar, P., Sharma, D. P., Sharma, G., Sangwan, P., et al. (2024). Exploring pollination mechanisms in walnut: Production and breeding perspectives. *South African Journal of Botany* 171, 673 – 681. doi: [10.1016/j.sajb.2024.06.043](https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.06.043)
- La Malfa, G., Branca, F., Tribulato, A., and Romano, D. (2010). New trends in mediterranean urban vegetable gardening. *Acta Horticulturae* 881, 131 – 136. doi: [10.17660/ActaHortic.2010.881.13](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.881.13)
- Longchamps, L., Tisseyre, B., Taylor, J., Sagoo, L., Momin, A., Fountas, S., et al. (2022). Yield sensing technologies for perennial and annual horticultural crops: a review. *Precision Agriculture* 23, 2407 – 2448. doi: [10.1007/s11119-022-09906-2](https://doi.org/10.1007/s11119-022-09906-2)
- Mahna, N. and Nayeri, S. (2024). Genome Editing in Horticultural Plants: Present Applications and Future Perspective. In *A Roadmap for Plant Genome Editing*, eds. A. Riccroch, D. Eriksson, D. Miladinović, J. Sweet, K. Van Laere, and E. Woźniak-Gientka (Cham: Springer Nature Switzerland). 223–246. doi: [10.1007/978-3-031-46150-7\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-031-46150-7_14)
- Malanski, P. D., Dedieu, B., and Schiavi, S. (2021). Mapping the research domains on work in agriculture: a bibliometric review from scopus database. *Journal of Rural Studies* 81, 305–314. doi: [10.1016/j.jrurstud.2020.10.050](https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.10.050)
- Malcolm, B. (2017). Agribusiness perspectives on transgenic wheat. *Methods in Molecular Biology* 1679, 113 – 126. doi: [10.1007/978-1-4939-7337-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7337-8_7)
- Malik, A., Mor, V. S., Tokas, J., Punia, H., Malik, S., Malik, K., et al. (2021). Biostimulant-treated seedlings under sustainable agriculture: A global perspective facing climate change. *Agronomy* 11. doi: [10.3390/agronomy11010014](https://doi.org/10.3390/agronomy11010014)
- Marinelli, M. V., Argüello Caro, E. B., Petrosillo, I., Kurina, F. G., Giobellina, B. L., Scavuzzo, C. M., et al. (2023). Sustainable Food Supply by Peri-Urban Diversified Farms of the Agri-Food Region of Central Córdoba, Argentina. *Land* 12. doi: [10.3390/land12010101](https://doi.org/10.3390/land12010101)
- Mitchell, C. A. (2015). Academic research perspective of LEDs for the horticulture industry. *HortScience* 50, 1293 – 1296. doi: [10.21273/hortsci.50.9.1293](https://doi.org/10.21273/hortsci.50.9.1293)
- Mou, B. and Scorza, R. (2011). *Transgenic horticultural crops challenges and opportunities* (CRC Press)
- Mullins, E. (2015). Engineering for disease resistance: Persistent obstacles clouding tangible opportunities. *Pest Management Science* 71, 645 – 651. doi: [10.1002/ps.3930](https://doi.org/10.1002/ps.3930)

- Murthy, B. and Pramanick, K. (2014). Strawberry cultivation in mild-tropics: Prospects and challenges from diseases' perspective. *Acta Horticulturae* 1049, 151 – 159. doi: [10.17660/ActaHortic.2014.1049.13](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1049.13)
- Mwikamba, J. N., Otieno, D. J., and Oluoch-Kosura, W. (2024). Effect of using a mobile phone on technical efficiency and productivity of climate-smart horticulture farmers in taita-taveta county, kenya. *Heliyon* 10, e36917. doi: [10.1016/j.heliyon.2024.e36917](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36917)
- Nguyen, G. N. and Lantzke, N. (2022). Mitigating the Adverse Effects of Semi-Arid Climate on Capsicum Cultivation by Using the Retractable Roof Production System. *Plants* 11. doi: [10.3390/plants11202794](https://doi.org/10.3390/plants11202794)
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., and Alakukku, L. (2015). Stakeholder perspectives for switching from rainfed to irrigated cropping systems at high latitudes. *Land Use Policy* 42, 586 – 593. doi: [10.1016/j.landusepol.2014.09.019](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.09.019)
- Pope, T. W. and Roberts, J. M. (2022). Vine Weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae), Management: Current State and Future Perspectives. *Annual Review of Entomology* 67, 221 – 238. doi: [10.1146/annurev-ento-071221-060822](https://doi.org/10.1146/annurev-ento-071221-060822)
- Pounders, C., Marshall, D., and Posadas, B. (2006). Hurricane Katrina: Perspective from the Southern Horticultural Laboratory. *HortScience* 41, 680 – 684. doi: [10.21273/hortsci.41.3.680](https://doi.org/10.21273/hortsci.41.3.680)
- Pradeepika, C., Kalita, D. J., Chandra, C. V., Senthil, Sankar, and Gowda, K. H. (2024). *Yams and Aroid Crop Waste: Bio Valorization into Bioproducts and Platform Chemicals* (Springer Nature). doi: [10.1007/978-981-99-8266-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-99-8266-0_8)
- Pérez-Hedo, M., Riahi, C., and Urbaneja, A. (2021). Use of zoophytophagous mirid bugs in horticultural crops: Current challenges and future perspectives. *Pest Management Science* 77, 33 – 42. doi: [10.1002/ps.6043](https://doi.org/10.1002/ps.6043)
- Qiu, K., Wang, S., Duan, F., Sang, Z., Wei, S., Liu, H., et al. (2024). Rosemary: Unrevealing an old aromatic crop as a new source of promising functional food additive—A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 23, 1 – 38. doi: [10.1111/1541-4337.13273](https://doi.org/10.1111/1541-4337.13273)
- Raghavendra, R., Ganguli, S., Selvan, P. T., Nayak, M. M., Chaudhury, S., Espina, R. U., et al. (2022). Deep Learning Based Dual Channel Banana Grading System Using Convolution Neural Network. *Journal of Food Quality* 2022. doi: [10.1155/2022/6050284](https://doi.org/10.1155/2022/6050284)
- Ram, C. and Saroj, P. (2022). *Application of omics in arid fruit crops: Present status, challenges, and future perspectives* (Elsevier). doi: [10.1016/B978-0-323-89905-5.00004-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89905-5.00004-5)
- Riggi, E., Santagata, G., and Malinconico, M. (2011). Bio-based and biodegradable plastics for use in crop production. *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture* 3, 49 – 63. doi: [10.2174/2212798411103010049](https://doi.org/10.2174/2212798411103010049)
- Rivera, D., Rivera-Obón, D.-J., Palazón, J.-A., and Obón, C. (2024). From Weeds to Feeds: Exploring the Potential of Wild Plants in Horticulture from a Centuries-Long Journey to an AI-Driven Future. *Horticulturae* 10. doi: [10.3390/horticulturae10101021](https://doi.org/10.3390/horticulturae10101021)
- Schmink, M., Cairns Smart, J., Siteo, I., Bowen, W., Silva, H. R., Ecole, C. C., et al. (2020). Challenges and opportunities of trilateral co-operation: Collaboration by the USA, Brazil and Mozambique on horticultural research, 2011–2015. *Development Policy Review* 38, 575 – 593. doi: [10.1111/dpr.12437](https://doi.org/10.1111/dpr.12437)

- Singh, S., Bhoi, T. K., Vyas, V., Khan, I., Rathi, A., and Singh, I. (2024). *Microbial bioinoculants: boosting horticultural productivity* (Elsevier). doi: [10.1016/B978-0-323-96005-2.00019-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-96005-2.00019-2)
- Sozzi, G. O. and Beaudry, R. M. (2007). Current perspectives on the use of 1-methylcyclopropene in tree fruit crops: An international survey. *Stewart Postharvest Review* 3. doi: [10.2212/spr.2007.2.8](https://doi.org/10.2212/spr.2007.2.8)
- Thompson, M. and Chauhan, B. S. (2022). History and perspective of herbicide use in Australia and New Zealand. *Advances in Weed Science* 40. doi: [10.51694/AdvWeedSci/2022;40:seventy-five002](https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2022;40:seventy-five002)
- Upadhyay, S. K. (2021). *Genome Engineering for Crop Improvement* (wiley). doi: [10.1002/9781119672425](https://doi.org/10.1002/9781119672425)
- Zhang, M., Han, Y., Li, D., Xu, S., and Huang, Y. (2024). Smart horticulture as an emerging interdisciplinary field combining novel solutions: Past development, current challenges, and future perspectives. *Horticultural Plant Journal* 10, 1257 – 1273. doi: [10.1016/j.hpj.2023.03.015](https://doi.org/10.1016/j.hpj.2023.03.015)
- Zhao, J. and Hu, J. (2023). Melatonin: Current status and future perspectives in horticultural plants. *Frontiers in Plant Science* 14. doi: [10.3389/fpls.2023.1140803](https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1140803)
- Zheng, J. and Xia, R. (2022). Flower development and sex determination in horticultural crops. *Fruit Research* 2. doi: [10.48130/FruRes-2022-0009](https://doi.org/10.48130/FruRes-2022-0009)