

La agricultura urbana como alternativa de abastecimiento de alimentos vegetales: un ejercicio desde la ciencia métrica

Urban agriculture as an alternative for the supply of vegetable food: an exercise from scientometrics

Anthony Fuentes-Vera

<https://orcid.org/0009-0001-2978-7068>
anthony.fuentes.vera@uagraria.edu.ec

Facultad de Economía Agrícola,
Universidad Agraria del Ecuador
Guayaquil - Ecuador

Cita a este artículo: Fuentes-Vera, A. (2025). La agricultura urbana como alternativa de abastecimiento de alimentos vegetales: un ejercicio desde la ciencia métrica. *Fronteras del Conocimiento*, 4(2), 1-34.

Artículo recibido: 10 de abril de 2025

Aceptado para publicación: 18 de mayo de 2025

Publicado: 30 de junio de 2025

Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

Resumen

Las comunidades urbanas están en riesgo permanente y son vulnerables ante situaciones catastróficas que propician inseguridad alimentaria. En este artículo se realizó una revisión sistemática de la literatura científica de las publicaciones en revistas indexadas en las bases de datos de Scopus y Web of Science, con el objetivo de identificar avances, tendencias e impactos en la línea de tiempo, relacionados con la agricultura urbana (AU) como tópico de seguridad alimentaria, cambio climático y desarrollo sostenible. La metodología parte del Método Prisma (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), e incorpora herramientas ciencia métricas y de análisis de los resultados, que resultan en el denominado Árbol de la Ciencia (Tree of Science). Como caso, se ha presentado el estado del arte en AU en los últimos veinte años, derivado de la lectura de 44 investigaciones alrededor del mundo, que poseen conexiones entre autores y que dan cuenta de que es una alternativa de alimentación sustentable que da respuesta de mediano plazo a las incertidumbres de abastecimiento alimentario vegetal en las ciudades. Se concluye que la ciencia métrica es una herramienta potencial para la revisión y delimitación bibliográfica.

Palabras Claves: agricultura urbana; cambio climático; ciencia métrica; desarrollo sostenible; digitalización; innovación social; seguridad alimentaria

Abstract

Urban communities are at permanent risk and are vulnerable to catastrophic situations that lead to food insecurity. A systematic review of scientific literature of publications in journals indexed in the Scopus and Web of Science databases is carried out in this article to identify advances, trends, and impacts in the timeline related to Urban Agriculture (UA) on the topics of food security, climate change, and sustainable development. The methodology is based on the Prisma Method (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) and incorporates scientometric tools and analysis of the outcomes, resulting in the so-called Tree of Science. As a case, the state of the art in UA in the last twenty years has been presented, derived from the reading of 44 research studies around the world, which have connections between authors and show that UA is a sustainable food alternative that provides a medium-term response to the uncertainties of plant food supply in cities. It is concluded that scient metrics is a potential tool for literature review and delimitation.

Keywords: urban agriculture; climate change; scientometrics; sustainable development; digitization; social innovation; food safety

Introducción

La seguridad alimentaria para la población ubicada en zonas urbanas, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), se encuentra vulnerable ante situaciones que propician inseguridad en la provisión de alimentos. Una alternativa es la producción y abastecimiento de alimentos dentro de las unidades residenciales y viviendas, lo cual permitirá disminuir el riesgo de acceso al alimento en situaciones catastróficas, tales como el cambio climático, pandemias y conflictos armados (Grewal; Grewal, 2012).

La literatura en el tema de agricultura urbana es reciente y probablemente desconocida. Sin embargo, lograr integrar dicha práctica podría derivar en reducir diez variables que afectan directamente el calentamiento global, cambio climático, seguridad alimentaria, biodiversidad, servicios de los ecosistemas, agricultura insatisfecha, eficiencia de recursos, renovación y regeneración urbana, orden territorial y salud pública (Artmann; Sartison, 2018). Desde luego, el desafío de los tiempos modernos en la construcción de ciudades consiste en lograr un equilibrio entre la urbanización y la alimentación.

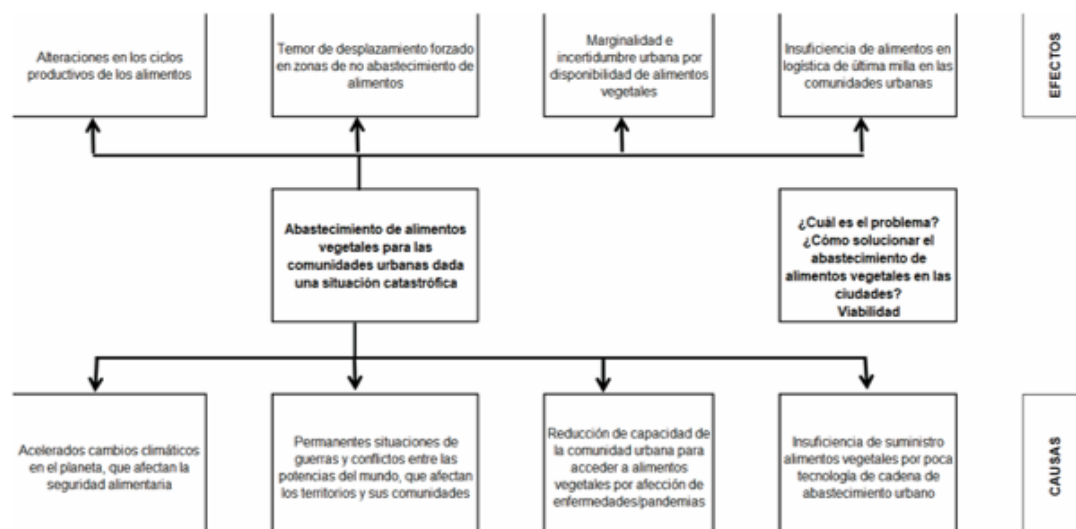
Para el análisis de la seguridad alimentaria, es necesario abordarla desde los aspectos de la organización familiar, lo cual permitirá esclarecer un panorama de una futura política agrícola (Chen et al., 2021). En la Figura 1, se observa el árbol de problemas que dio origen a la siguiente investigación.

El objetivo del artículo fue identificar avances, tendencias e impactos, relacionados con las áreas de tópicos de seguridad alimentaria, cambio climático, agricultura urbana (AU) y el desarrollo sostenible. Para lograrlo, se utilizó el denominado prisma de clasificación de documentos, apoyado en la Metodología de Tree of Science (Árbol de la Ciencia), trabajada por Marín et al. (2017), Robledo et al. (2014), Bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017) en RStudio Cloud (RStudio, 2021) (Derviş, 2019) y Gephi (Darko et al., 2019).

Como resultados, se destacan ideas y nuevas concepciones con potencial para desarrollar AU, apoyada en herramientas digitales, innovación social y sostenibilidad. Finalmente, la AU podría convertirse en una política para los Estados, la cual integre los imaginarios de las comunidades

y la tecnología, para así reducir el hambre, el desempleo y otros fenómenos asociados a la sustentabilidad de las ciudades y el cambio climático.

Figura 1 Árbol de problema



Nota. Código interno del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (8141-SGPS-2021). Fuente: tomado del proyecto de investigación titulado “ZFarming”.

Marco Teórico

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Cumbre Mundial de la Alimentación (CMA) de 1996 aplican el concepto de que la seguridad alimentaria a nivel de individuo, hogar, nación y global solo puede conseguirse si las personas tienen acceso económico y físico a suficiente alimento en todo momento (FAO, 2022). Ciudades de Latinoamérica como Bogotá, Lima y México evidencian lo contrario, al cumplir con estas condiciones, que se ven reflejadas en el ingreso per cápita y salario mínimo (Zezza; Tasciotti, 2010).

Los centros urbanos tienen incidencia sobre el cambio climático, debido a la concentración poblacional, que ocasiona un aumento en el consumo de alimentos y el desplazamiento de las zonas de cultivo hacia la región urbana, bosques y selva, lo que resulta en el aumento de la deforestación, erosión, disminución del recurso hídrico y cambio de uso del suelo (Pribadi;

Pauleit, 2015), situaciones categorizadas como catastróficas en el ámbito ambiental. Dadas las actuales circunstancias de acceso al alimento, limitado por la pandemia del COVID-19, la implementación de la AU podría ser una apuesta política, sanitaria y económica, debido a que los pobladores en las ciudades no tendrían que desplazarse a conseguir alimentos. Esta modalidad de cultivo permite ahorros en la cadena de abastecimiento y reduce el impacto del calentamiento global (Shammi et al., 2021; Rukasha et al., 2021). Así mismo, se ha demostrado que el manejo de cultivos y de jardinería mejora las condiciones de vida de personas en estado de retiro laboral (Kirby et al., 2021), y de tratamiento médico y terapéutico (Derose et al., 2021).

La AU y la seguridad alimentaria, así como el cambio climático en el mundo, han resultado difíciles de gestionar por parte de los gobiernos (Hu et al., 2021). Sin embargo, la AU se ha considerado desde hace más de una década, como una alternativa que podría resolver problemas de afectación ambiental, desarrollo sostenible y conservación de ecosistemas (de Macedo et al., 2021; Vasylyeva; James, 2021; Artmann; Sartison, 2018; Benis et al., 2018; Orsini et al., 2014; Krishnan et al., 2016; Despommier, 2010; Satterthwaite et al., 2010; Costanza et al., 1997). Así mismo, la AU podría mitigar fenómenos sociales tales como el hambre y la pobreza, y a la vez, propiciaría el aumento del empleo y de las dinámicas económicas (Malendure et al. 2021; Boulanger et al., 2021; Pedro et al., 2020).

A través de la agricultura de precisión, la cual se apoya en aplicaciones digitales, soluciones agromáticas y agrónicas, inteligencia artificial y computacional, se puede suministrar la cantidad necesaria de agua, energía y nutrientes para obtener alimentos de calidad, disminuyendo el deterioro del planeta. También se identificaron varios conceptos en el mundo, algunos de ellos traducidos ya en modelos tecnológicos piloto, como el green wall, plant factory, microgreens, integrate roof toof greenhouse, i-RTG, cloud computing, e IoT. Esta se conoce como agricultura 4.0.

Lo anterior es aplicado a granjas verticales (Despommier, 2010), Agricultura Climáticamente Inteligente (CSA o Climate-smart Agriculture, por sus siglas y denominación en inglés) (Lipper et al., 2014), Solución basada en Naturaleza (NbS o Nature-based Solutions, por sus siglas y denominación en inglés) (Artmann; Sartison, 2018; Kirby, 2014), techos verdes (RTGs o rooftop gardens, por sus siglas y denominación del idioma inglés) (Sanyé-Mengual et al., 2015;

Orsini et al., 2014), agricultura ambiental controlada y Modelo UF (Benis et al., 2018), ZFarming Cultivo 4.0 (López et al., 2019), Agricultura para el Desarrollo (AR4D o Agriculture Research for Development, por sus siglas y denominación en inglés) (Rajala et al., 2021), Coproducción y Responsabilidad extendida del Productor (REP) (Ezeudu et al., 2021), Política Agrícola Común (PAC) (Boulanger et al., 2021), y los Sistemas Vinculados de Alimentos, Agua y Energía (FEWN o Food, Water, and Energy System as a Nexus, por sus siglas y denominación en inglés) (Bellezoni et al., 2021).

La tecnosfera, neologismo y término aún no incorporado al diccionario de la Real Academia de la Lengua (RAE), es una realidad. Las ciudades, constantemente evolutivas en lo artificial, de la biosfera, pero también de lo social, como respuesta a las necesidades humanas, aún no satisfacen el abastecimiento y la distribución de alimentos para todos, por lo cual, probablemente no estén logísticamente preparadas ante situaciones catastróficas que hagan más evidente la problemática planteada (Artmann; Sartison, 2018).

La tecnología actual facilita el control de factores que inciden en el cambio climático. La construcción de infraestructuras ecológicas, verdes (cultivables), parametrizadas y autocontrolables como estrategia ecológica ha de procurar la reparación y transición hacia un entorno habitable y un ambiente sostenible. A mayor implementación de soluciones agrícolas en las ciudades (CSA), mayor será la resiliencia al cambio climático y, por tanto, menor la vulnerabilidad y riesgo ante el escenario catastrófico. A continuación, se sintetizará la metodología utilizada para el presente artículo de revisión.

Metodología

La metodología se estructura en cuatro momentos. En el primero, denominado identificación, se definió la pregunta de investigación, ¿Cómo solucionar el abastecimiento de alimentos vegetales de las ciudades en caso de situaciones catastróficas?, además de los objetivos y la ecuación de búsqueda referencial. También se manifestó la importancia del tema de investigación a partir del análisis, que facilita las técnicas cuantitativas aplicadas a la producción científica anual, consultada en Scopus y Web of Science, aproximadamente en los últimos diez años.

En el momento dos, selección, se determinó la evolución del tema a partir del algoritmo arrojado por la herramienta de clasificación de Tree of Science (ToS) (Marín et al., 2017; Robledo et al., 2014). En el momento tres, elegibilidad, se analizó la red de citaciones para identificar las subáreas del tema de investigación. Finalmente, en el momento cuatro, inclusión, se categorizaron los documentos científicos seleccionados y se determinaron los autores, referentes o ideas significativas por categoría. En la Figura 2, se esquematiza la metodología descrita y aplicada, de acuerdo con elementos propios del Método Prisma (Sánchez-Meca; Botella, 2010).

Figura 2 Proceso metodológico



Nota. El proceso indicado facilitó la realización de un metaanálisis, integración de hallazgos obtenidos y análisis estadístico desde un conjunto de resultados de trabajos diversos, individuales y discriminados (Sánchez-Meca; Botella, 2010).

De acuerdo con la analogía que utilizan Robledo et al. (2014) para clasificar los trabajos, empleando la metáfora del árbol, se calcularon los indicadores indegree, outdegree y betweenness. La herramienta web permitió ordenar los documentos de los datos, que fueron la base para desarrollar la temática correspondiente a los avances: tendencias del desarrollo sostenible, de la seguridad alimentaria y de la agricultura urbana.

Para Robledo et al. (2014), la raíz agrupa los trabajos clásicos y/o predecesores; el tronco agrupa los trabajos estructurales que conectan la fundamentación teórica de los clásicos con las

investigaciones actuales; y las hojas exponen las publicaciones actuales, las cuales citan los demás trabajos y se podrían categorizar como investigaciones emergentes o de tendencia investigativa actual en las áreas de interés. El anterior procedimiento metodológico ha sido empleado y validado en estudios previos como los de Semanate-Quíñonez et al. (2022), Marín et al. (2017).

Resultados Discusión

La matriz de revisión bibliográfica se presenta en la Tabla 1, se ordenan los datos, ecuaciones de búsqueda, número total de artículos encontrados (resultados) por fuente bibliográfica, limitados, en todos los casos, a artículos científicos (seleccionados). Se logró identificar la evolución, tendencias e importancia del tema. Finalmente, se seleccionaron artículos que determinaron la comprensión de la agricultura urbana en el mundo.

Las bases de datos obtenidas mediante las consultas realizadas en la Tabla 1 fueron clasificadas con el algoritmo de optimización denominado Tree of Science (ToS) o Árbol de la Ciencia, el cual utiliza la teoría de grafos, que consiste en identificar los artículos más importantes de acuerdo con su posición dentro de la red de conocimiento, para finalmente categorizarlos en el silogismo de un árbol, que posee raíz, tronco y hojas (Marín et al., 2017; Zuluaga et al., 2016; Robledo et al., 2014).

Tabla 1 Matriz de revisión bibliográfica

Bases de datos	Ecuaciones	Resultados	Seleccionados
WoS	<i>sustainable AND development AND food AND security AND agriculture AND urban</i>	397	30
Scopus	<i>(Sustainable AND development) AND (food AND security) AND (agriculture) AND (urban)</i>	281	28

Nota. Tipo de documento: artículo científico, artículo de investigación. periodo de búsqueda: 2017-2021, consulta: diciembre de 2021.

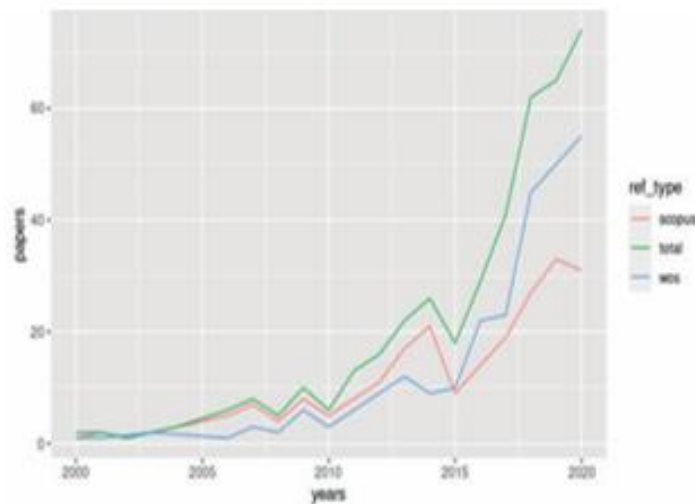
Las bases de datos obtenidas mediante las consultas realizadas en la Tabla 1 fueron clasificadas con el algoritmo de optimización denominado Tree of Science (ToS) o Árbol de la Ciencia, el cual utiliza la teoría de grafos, que consiste en identificar los artículos más importantes de

acuerdo con su posición dentro de la red de conocimiento, para finalmente categorizarlos en el silogismo de un árbol, que posee raíz, tronco y hojas (Marín et al., 2017; Zuluaga et al., 2016; Robledo et al., 2014).

Resultados de cienciaometría

A partir de los resultados, se calculó la producción científica en el tema de investigación, en las dos bases de datos consultadas. La Figura 3 muestra la producción académica, y está disponible en las bases de Scopus y Web of Science (WoS). Los registros en WoS entre 2013 y 2015 tienen menos de 20 artículos en el tema en estudio. Sin embargo, en el periodo entre 2015 a 2020, se presenta un aumento considerable de publicaciones, de alrededor de 65 artículos, lo que muestra un interés creciente en el tema principal.

Figura 3 Producción científica anual



Nota. Para el 2020, Scopus redujo su cantidad de publicaciones indexadas en el tema, al igual que WoS. Entre 2013 y 2015 se presenta una menor producción que la máxima alcanzada a nivel mundial en el 2013. Sin embargo, se mantiene un ascenso no regular, lo que permite interpretar que el tema aún es pertinente, apropiado y oportuno. En la Tabla 2 se identifican las revistas científicas más destacadas en el tema de estudio, el número de artículos en estas publicaciones, las citas de las cuatro revistas seleccionadas, el cuartil de estas, el citie score y el ranking de la revista en el Index SJR.

Tabla 2 Revistas más relevantes

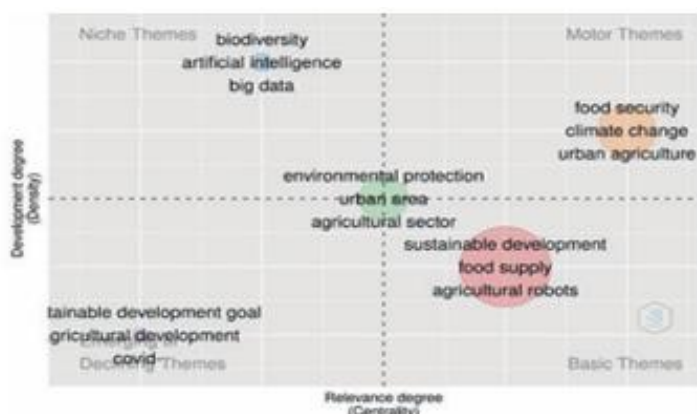
Revista	Total documentos	Total citas	Q	Cite score (T/A)	SJR *
<i>Sustainability (Switzerland)</i>	25122	100057	Q1	0,251	0,61
<i>Journal of Cleaner Production</i>	5126	245500	Q1	0,021	1,94
<i>Journal of Environmental Management</i>	5263	65852	Q1	0,080	1,44

Nota. Para las revistas consultadas. Impacto: Sustainability, Journal of Cleaner Production y Journal of Environmental Management. Q: cuartil de la revista. Resultados arrojados por Bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017) para RStudio Cloud (RStudio, 2021).

La revista Sustainability presenta trabajos de los autores Artmann y Sartison (2018), quienes abordan la seguridad alimentaria y sostenibilidad, como temas de preocupación para la población. El Journal of Environmental Management incluye a autores como Dubey et al. (2021) con temas concernientes al planeta, agua, energía y seguridad alimentaria, claves para la investigación. Asimismo, el Journal of Cleaner Production incluye autores como Bellezoni et al. (2021) y Dick et al. (2021), con temas de seguridad alimentaria y optimización de recursos de la población, entre ellos big data e inteligencia artificial, considerados nichos para el desarrollo de investigaciones futuras en agricultura urbana y de precisión.

Para identificar las subáreas, se analizó el Árbol de la Ciencia (ToS) generado en la herramienta Web RStudio Cloud (RStudio, 2021), utilizando la metodología propuesta por Marín et al. (2017). Después, se aplicó un algoritmo de clusterización, mediante el paquete de Biblioshiny para Bibliometrix (Aria; Cuccurullo, 2017), donde se obtuvo el mapa temático expuesto en la Figura 4, la cual permite identificar los grandes temas de interés y tendencia de investigación en relación con las ecuaciones de búsqueda filtradas en el ToS.

Figura 4 Mapa temático



Nota. Densidad: correlación de tópicos. Centralidad: frecuencia de citas o de trabajo.

En el mapa temático se puede observar que en el cuadrante uno (motor) están reflejados los temas tendencia que mueven al mundo, en el segundo cuadrante (nicho), se concentra lo concerniente a temas de interés comercial actual, tales como big data, inteligencia artificial y biodiversidad. El tercer cuadrante presenta los temas decisivos, donde se encuentran el COVID-19 y el desarrollo agrícola, así como lo relacionado con el desarrollo sostenible. El cuadrante cuatro (básico) refiere a los temas conectores de interés actual, como agricultura de precisión, cadena de abastecimiento y desarrollo sostenible. El procesamiento de los 678 resultados encontrados de la temática estudiada, en las bases de datos de Scopus y WoS, y apoyándose en la herramienta RStudio en línea, generó el denominado el árbol de la ciencia (Tree of Science), expuesto en la Tabla 3.

Tabla 3 Tree of Science a partir de resultados arrojados desde Scopus y Web of Science

ToS	ID	Total citación	Dimensión temática
Raíz	Costanza, Robert; D'Arge, Ralph; de Groot, Rudolf; Farber, Stephen; Grasso, Monica; Hannon, Bruce; Limburg, Karin; Naeem, Shahid; O'Neill, Robert; Paruelo, Jose; Raskin, Robert; Sutton, Paul; van den Belt, Marjan (1997). <i>The value of the world's ecosystem services and natural capital.</i>	26.354	Valoración económica ambiental
Raíz	Zezza; Tasciotti (2010). <i>Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries.</i>	831	Agricultura urbana
Raíz	Sanyé-Menguai, Esther; Cerón-Palma, Ileana; Oliver-Solà, Jordi; Montero, Juan; Rieradevall, Joan (2015). <i>Integrating horticulture into cities: A guide for assessing the implementation potential of Rooftop Greenhouses (RTGs) in industrial and logistics parks.</i>	75	Ciudades sostenibles
Raíz	Orsini, Francesco; Gasperi, Daniela; Marchetti, Livia; Piovone, Chiara; Draghetti, Stefano; Ramazzotti, Solange; Bazzocchi, Giovanni; Gianquinto, Giorgio (2014). <i>Exploring the production capacity of rooftop gardens (RTGs) in urban agriculture: the potential impact on food and nutrition security, biodiversity, and other ecosystem services in the city of Bologna.</i>	225	Biodiversidad urbana y descarbonización
Raíz	Satterthwaite, David; McGranahan, Gordon; Tacoli, Cecilia (2010). <i>Urbanization and its implications for food and farming.</i>	812	Desarrollo sostenible
Raíz	Despommier (2010). <i>The vertical farm: feeding the world in the 21st century.</i>	529	Desarrollo sostenible
Raíz	Krishnan, Sarada; Nandwani, Dillip; Smith, George; Kankarta, Vanaja (2016). <i>Sustainable urban agriculture: A growing solution to urban food deserts.</i>	18	Desarrollo sostenible
Tronco	Artmann; Sartison (2018). <i>The role of urban agriculture as a nature-based solution: A review for developing a systemic assessment framework.</i>	94	Agricultura urbana y sostenibilidad
Hojas	Wang, Sitong; Bai, Xuemei; Zhang, Xiaoling; Reis, Stefan; Chen, Deli; Xu, Jianming; Gu, Baojing (2021). <i>Urbanization can benefit agricultural production with large-scale farming in China.</i>	7	Agricultura urbana y carbonización
Hojas	De Macedo, Laura; Picavet, Marc; de Oliveira, José; Shih, Wan-Yu (2021). <i>Urban green and blue infrastructure: A critical analysis of research on developing countries.</i>	5	Agricultura urbana y sostenibilidad
Hojas	Benis, Khadija; Gashgari, Raneem; Alsaati, Adnan; Reinhart, Cristoph (2018). <i>Urban Foodprints (UF). Establishing baseline scenarios for the sustainability assessment of high-yield urban agriculture.</i>	2	Agricultura urbana y sostenibilidad
Hojas	Khan, Imran; Lei, Hongdou; Khan, Ahmad; Muhammad, Ihsan; Javeed, Tehseen; Khan, Asif; Huo, Xuexi (2021). <i>Yield gap analysis of major food crops in Pakistan: prospects for food security.</i>	4	Agricultura sostenible

Hojas	Benis, Khadija; Gashgari, Raneem; Alsaati, Adnan; Reinhart, Cristoph (2018). <i>Urban Foodprints (UF). Establishing baseline scenarios for the sustainability assessment of high-yield urban agriculture.</i>	2	Agricultura urbana y sostenibilidad
Hojas	Khan, Imran; Lei, Hongdou; Khan, Ahmad; Muhammad, Ihsan; Javeed, Tehseen; Khan, Asif; Huo, Xuexi (2021). <i>Yield gap analysis of major food crops in Pakistan: prospects for food security.</i>	4	Agricultura sostenible
Hojas	Zhang, Maoxing; Wang, Yin; Chen, Xi; Xu, Felyun; Ding, Ming; Ye, Wenxiu; Kawai, Yuya; Toda, Yosuke; Hayashi, Yuki; Suzuki, Takamasa; Zeng, Houqing; Xiao, Liang; Xiao, Xin; Xu, Jin; Guo, Shiwei; Yan, Feng; Shen, Qirong; Xu, Gouhua; Kinoshita, Toshinori; Zhu, Yiyong (2021). <i>Plasma membrane H⁺-ATPase overexpression increases rice yield via simultaneous enhancement of nutrient uptake and photosynthesis.</i>	3	Agricultura sostenible
Hojas	Xu, Yang; Zhang, Xuan; Hao, Zengchao; Singh, Vijay; Hao, Fanghua (2021). <i>Characterization of agricultural drought propagation over China based on bivariate probabilistic quantification.</i>	3	Agricultura sostenible
Hojas	Shammi, Mashura; Bodrud-Doza, Zion; Islam, Abu; Rahman, Mostafizur (2021). <i>Strategic assessment of COVID-19 pandemic in Bangladesh: comparative lockdown scenario analysis, public perception, and management for sustainability.</i>	91	Agricultura urbana y digitalización
Hojas	Gulyas; Edmondson (2021). <i>Increasing city resilience through urban agriculture: Challenges and solutions in the Global North.</i>	6	Resiliencia urbana
Hojas	Zhong, Qiumeng; Wang, Lan; Cui, Shenghui (2021). <i>Urban Food Systems: A Bibliometric Review from 1991 to 2020.</i>	2	Desarrollo urbano y resiliencia
Hojas	Chen, Jiangsheng; Bolt, Gideon; Wang, Yiwen; Feng, Xiaoli; Li, Xuke (2021). <i>An Empirical Diagnosis of the School-to-Work Process for Rural and Agricultural Development in China.</i>	0	Política agrícola
Hojas	Dubey, Pradeep; Singh, Ajeet; Raghubanshi, Apoorva; Abhilash, Purushothaman (2021). <i>Steering the restoration of degraded agroecosystems during the United Nations Decade on Ecosystem Restoration.</i>	11	Seguridad alimentaria y ecosistemas
Vittuari, Mateo; Bazzocchi, Giovanni; Blasioli, Sonia; Cirone, Francesco; Maggio, Albino; Orsini, Francesco; Penca, Jerneja; Patruzzelli, Mara; Snerkt, Kathrin; Amuhar, Samir; Atanasov			
Hojas	Tarolli, Paolo; Pijl, Anton; Cucchiari, Sara; Wei, Wei (2021). <i>Slope instabilities in steep cultivation systems: Process classification and opportunities from remote sensing.</i>	5	Sostenibilidad y economía circular
Hojas	Ezeudu, Obiora; Oraelosi, Tochukwu; Agunwamba, Jonah; Ugochukwu, Uzochukwu (2021). <i>Co-production in solid waste management: analyses of emerging cases and implications for the circular economy in Nigeria.</i>	4	Sostenibilidad y economía circular
Hojas	Benjamin, Emmanuel; Buchenrieder, Gertrud; Sauer, Johannes (2021). <i>Economics of small-scale aquaponics systems in West Africa: A SANFU case study.</i>	2	Sostenibilidad y economía circular
Hojas	Lal, Rattan; Bouma, Johan; Brevik, Eric; Dawson, Lorna; Field, Damien; Glaser, Bruno; Hatano, Ryusuke; Hartemink, Alfred; Kosaki, Takashi; Lascelles, Bruce; Monger, Curtis; Muggler, Cristine; Ndzana, Georges; Norran, Stefan; Pan, Xicai; Paradelo, Remigio; Reyes-Sánchez, Laura; Sandén, Taru; Singh, Bal; Zhang, Jiabao (2021). <i>Soils and sustainable development goals of the United Nations (New York, USA): An IUSS perspective.</i>	5	Sostenibilidad y medio ambiente

Nota. Raíz: autores y trabajos seminales en el área de investigación; tronco: autores y trabajos conectores y estructurales, que dan continuidad a la raíz en el área de investigación; hojas: autores y trabajos actuales, tendencia y emergentes en las áreas de investigación, que fueron categorizados como dimensiones a partir del criterio de los autores. Fuente: elaboración propia a partir del Método ToS (Marín et al., 2017; Robledo et al., 2014), generado en diciembre de 2021 mediante Core of Science (2021).

De los artículos obtenidos en el árbol de la ciencia, se aplicaron los criterios de selección por áreas temáticas y relevancia, se tuvieron en cuenta citas bibliográficas e índices de publicación de los autores que quedaron incluidos en el Tree of Science. En la Tabla 4 se puede observar la revisión ordenada de acuerdo con el Indicador Total de citas.

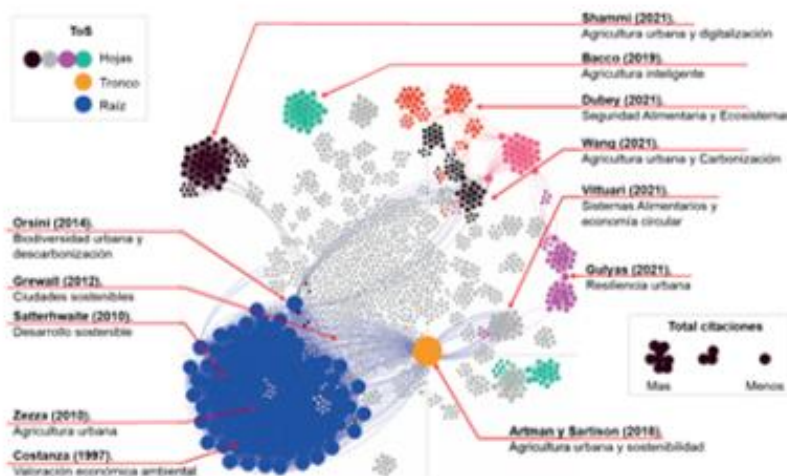
Tabla 4 Autores más relevantes

Autor	Total citas	Índice H	Subáreas de investigación
Costanza, Robert (1997)	26.354	135	Valoración económica ambiental
Zeza, Alessandro (2010)	831	33	Agricultura urbana
Satterthwaite, David (2010)	812	75	Desarrollo sostenible
Grewal, Sharanbir (2012)	434	3	Ciudades sostenibles
Orsini, Francesca (2014)	225	16	Biodiversidad urbana y descarbonización
Artmann, Martina (2018)	94	18	Agricultura urbana y sostenibilidad
Shammi, Mashura (2021)	91	18	Agricultura urbana digital
Bacco, Manlio (2019)	75	13	Agricultura inteligente
Dubey, Pradeep (2021)	11	11	Seguridad alimentaria y ecosistemas
Wang, Sitong (2021)	9	303	Agricultura urbana y carbonización
Vittuari, Matteo (2021)	8	17	Sistemas alimentarios y economía circular
Gulyas, Boglarka (2021)	6	1	Resiliencia urbana

Nota. Total citas e índice H consultado en Google Scholar.

Para generar un análisis de los documentos científicos seleccionados y las conexiones o redes generadas entre estos investigadores, se elaboró el esquema de la gestión de conocimiento (ver Figura 5) con los autores y aportes que contribuyen a la discusión del tema. Para lograr esto, en el software RStudio Cloud (RStudio, 2021) se filtraron las bases de datos analizadas para generar los “targets y sources”, y así, generar el grafo en el software Gephi (Darko et al., 2019; Derviş, 2019).

Figura 5 Gestión del conocimiento



Nota. El ToS arrojó nueve (9) artículos raíz, predecesores, se destacan Costanza et al. (1997), quienes abordan la valoración económica ambiental como base para una intervención social, económica y ambiental. Zezza y Tasciotti (2010) presentan un estudio sobre cómo la agricultura en los espacios urbanos reduce los impactos del crecimiento de las ciudades, sustentado en la comprensión de la importancia, la naturaleza y las implicaciones de seguridad alimentaria de la agricultura urbana, afectada por la falta de datos fiables y de buena calidad. Los autores mencionan que, si bien existen estudios basados en datos de encuestas para varias ciudades importantes, gran parte de la evidencia sigue siendo cualitativa.

Satterthwaite et al. (2010) abordaron el desarrollo urbano, la sostenibilidad y el estado de riesgo de la seguridad alimentaria ante el cambio climático. Grewal y Grewal (2012) ejemplifican la ciudad de Cleveland, Estados Unidos, por su proyección para generar desarrollo económico a partir de la autosuficiencia alimentaria al 100 %, y Orsini et al. (2014) plantean que se hace necesario mejorar la calidad de las ciudades mediante la implantación de corredores verdes que contribuyan al secuestro de carbono.

Un (1) artículo tronco, estructural y conector es el de Artmann y Sartison (2018), de nodo color naranja, quienes abordan la agricultura urbana como medio para acercarse a la sostenibilidad a partir de procesos propios de la naturaleza, modelo a replicar, y 30 artículos hoja, entre los cuales se destacan, la tendencia investigativa (Bacco et al., 2019) e investigación emergente

Para destacar las diferentes dimensiones (Tabla 2) que dan relevancia a la revisión sistemática, se hizo referencia a:

Declaraciones mundiales: el mundo no se dirige aún a alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 2, reducir el hambre del mundo y alcanzar la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición, promover la agricultura sostenible (Steenkamp et al., 2021; Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas, 2015) y mejorar la disponibilidad de alimentos (Derunova et al., 2021), porque se requieren aumentos de la producción agrícola (Khan et al., 2021; Kattel et al., 2021).

Urbanismo: se evidencia la constante urbanización de la tierra cultivable, lo que afecta la disponibilidad de tierra agrícola y aumenta la frontera urbana. También desplaza y expande la frontera agrícola hacia los bosques y selvas, y aumenta la contaminación y la baja sostenibilidad (Satterthwaite et al., 2010). La connotación de "alimentaria" asignada a los futuros entornos artificiales o infraestructuras urbanas (Wang et al., 2021; Orsini et al., 2014) representa parametrizar las variables de diseño e ingeniería para que se puedan cultivar especies alimentarias de diferentes cualidades físicas (Bellezoni et al., 2021; Dubey et al., 2021).

Valoración económica ambiental: destaca fuertemente que muchos bienes de capital, como las máquinas y herramientas, pueden tomar formas tangibles y controlables por parte del hombre, sin embargo, el descuido de los ecosistemas podría generar pérdidas invaluable para la humanidad y el deterioro del planeta (Costanza et al., 1997). Es así como los ecosistemas son flujos de materia, energía e información de origen natural, y se plantea que, utilizándolos como medio, estos pueden contribuir a establecer una relación simbiótica entre ciudades y comunidades para lograr disminuir los impactos ecológicos que trae consigo el crecimiento de las ciudades. Por tanto, en los ecosistemas se puede considerar el capital natural como esencial para el bienestar humano (Costanza et al., 1997).

Seguridad Alimentaria: la alimentación está relacionada con la producción de alimentos y su consumo, de tal manera que se respete y conserve el medio (Zhong et al., 2021). Las ciudades modernas dependen exclusivamente de la importación de recursos para satisfacer sus necesidades básicas diarias; por ende, la población tendrá que abastecerse de alguna manera en los mismos sitios donde se esté concentrando, es decir, la comida humana tendrá que producirse

a partir de agroecosistemas controlados en la urbe (Artmann; Sartison, 2018). En Etiopía se plantea la diversificación de alimentos, ya que los cultivos tradicionales son fuertemente susceptibles al deterioro por el cambio climático (Bakhtsiyarava; Grace, 2021). Mediante la AU, se podrían reducir los problemas de provisión de alimentos vegetales en las grandes urbes, así como también contribuir a mejorar la nutrición de la población con menos oportunidades (Zezza; Tasciotti, 2010).

Pandemias y catástrofes: existe una fuerte relación entre el suministro de alimentos y la logística con respecto a las pandemias y situaciones catastróficas. Es decir, con el fenómeno COVID-19, se observó un desabastecimiento de alimentos, lo que en un término de tiempo más prolongado podría generar una tragedia de insostenibilidad y conflictos en todos los órdenes de la sociedad (Rukasha et al., 2021).

Consumos: la agricultura industrializada también debe lidiar continuamente a la escasez de agua, debido a los impactos del cambio climático, y se espera que 129 países se enfrenten al creciente estrés hídrico debido a las sequías (Steenkamp et al., 2021; FAO, 2022). La agricultura consume y contamina aguas que luego llegan al subsuelo y a los centros urbanos. Cerca del 70 % de toda el agua fresca disponible en la Tierra es usada para irrigación, mientras la AU consume 95 % menos agua y ocupa 80 % menos espacio (Despommier, 2010).

Ciudades Sostenibles: se puede indicar que las ciudades son vulnerables porque existen perturbaciones ambientales, sociales y económicas, y a medida que transcurran los años, los agravantes serán más notorios (Gulyas; Edmondson, 2021). Es necesaria la identificación de vulnerabilidades (Davila et al., 2021), por lo cual se plantea la hipótesis de incorporar biodiversidad a la urbe mediante la creación de corredores verdes, pulmón y provisión en una sola estrategia de solución (Darko et al., 2019; Orsini et al., 2014).

Abordar cuestiones de vegetación urbana, políticas de uso de la tierra, seguridad alimentaria y alivio de la pobreza podría contribuir a conceptualizar la gestión de recursos naturales en un marco multiescalar, multidimensional, multidisciplinario (de Macedo et al., 2021), e incluso del COVID-19, puesto que, si no se consideran, probablemente se podría caer en el grave error de incrementar aún más las problemáticas (Rukasha et al., 2021). Finalmente, muchas ciudades pueden ser autosostenibles en alimentos al 100 %, mejorar sus microclimas (Krishnan et al.,

2016) y generar grandes rendimientos económicos (Vasylieva; James, 2021; Grewal; Grewal, 2012).

Tratamiento de residuos: los residuos agrícolas tienen gran impacto en la polución; su efecto se denomina “toxicidad humana y ecotoxicidad terrestre” (Dick et al., 2021, p. 1). Por eso es necesaria la reutilización de los desechos (Zhong et al., 2021), para dejar de impactar negativamente el ambiente y el desarrollo agrícola urbano (Artmann; Sartison, 2018), y así gestionar la economía circular, la cual estimula el manejo integrado de recursos (Ezeudu et al., 2021; Steenkamp et al., 2021).

Diseño: los requerimientos del diseño de las granjas urbanas deben tener en cuenta aspectos como bajo costo, modularidad, durabilidad, fácil mantenimiento, seguridad y operación; y, además, no depender de subsidios y ayudas. Estos deben permitir generar ingresos para los cultivadores y no deben hacer daño. Además, los sistemas son complementados o reemplazados con infraestructuras parametrizadas, portantes, alimentadas con energías renovables (Bellezoni et al., 2021). En esta línea, las granjas verticales son una primera alternativa que en lo urbano se acerca a la integración de sistemas ecológicos y artificiales para mejorar el balance de la naturaleza, reciclar el agua y tratarla hasta que sea potable. De acuerdo con lo anterior, existen tres variables que determinan la utilización de recursos cuando se implementa AU: 1) clima, 2) agua y energía, y 3) nutrientes. Sin embargo, la exploración de enfoques sostenibles para el cultivo en espacios limitados y la disponibilidad de agua y energía siempre han sido un desafío para la AU (Huang; Chang, 2021).

Digitalización: así mismo, la agricultura de precisión o robotizada se ha propuesto como una perspectiva flexible orientada a la práctica, es decir, tiene en la cuenta los requisitos de datos en términos de disponibilidad, complejidad y precisión (Bacco et al., 2019), lo que permite la comparabilidad general de las evaluaciones y, al mismo tiempo, proporciona suficiente flexibilidad para dar cabida a diversas perspectivas, intereses y niveles de habilidad entre los usuarios potenciales en cuanto a AU, los cuales permiten mantener o expandir la precisión de la producción alimentaria para salvaguardar la población a nivel mundial (Tapia et al., 2021). Además, técnicas de alta resolución y bajo costo facilitan la accesibilidad (Tarolli et al., 2021).

Sistemas de producción: se pueden asociar con la seguridad alimentaria y nutricional, ya que se ha descuidado la falta de conexión entre la alimentación y la planificación de las actividades agrícolas, y por ello, estas no tienen cabida en procesos de modernización. De ahí que la agricultura micro, la urbana y de otras formas sin tierra sean la necesidad del momento (Dubey et al., 2021, p. 3). Existe una clara necesidad de establecer prácticas de producción agrícola, cadenas de suministro de alimentos e información más cortas y sostenibles, por lo que la agricultura en la urbe se propone como pretexto para potenciar diferentes tecnologías y actuaciones sociales (Steenkamp et al., 2021).

Descarbonización: se requieren evaluaciones y el rediseño de los elementos de la cadena de valor para la provisión de alimentos en las ciudades, ya que las huellas de carbono permanecerán altas si continúan los procesos de producción y logísticos tradicionales (Hu et al., 2021): “cuantas más granjas urbanas haya, mayor será la cantidad de carbono que se convertiría en celulosa en forma de árboles. Es así de simple” (Despommier, 2010, p. 22).

Viabilidad: garantizar la seguridad alimentaria es una responsabilidad del Estado, y esto exige la coordinación de esfuerzos de varios actores y sectores de la sociedad. Para proporcionar dicha seguridad se requieren esfuerzos para cambiar el sistema agrícola, de abastecimiento y alimentario, en todo el ciclo de vida del proceso, con enfoque en la sostenibilidad (Soares et al., 2020).

Por otro lado, para cada comunidad se debe determinar cuáles son las motivaciones que estimulan a las personas a convertirse en usuarios de la AU. Esto es importante para determinar la aceptación social hacia la complementación o reconversión del sector agrícola. Se identifican las tipologías de la AU y las cargas factoriales de cuatro escalas diferentes, desarrolladas en términos de impacto al bienestar, la salud, nutricional, motivacional y económicas (Kirby et al., 2021, p. 7). Las principales motivaciones de las comunidades estudiadas son mejorar el ambiente, acceso a alimentos frescos, ahorro de dinero, nuevas actividades diarias, crecimiento laboral, compartir y ser reconocidas (Kirby et al., 2021).

Sostenibilidad: 1) la escala, espacio requerido y personas dedicadas a la producción de alimentos en una comunidad urbana; 2) la eficiencia de la producción, su crecimiento, insumos y recursos suficientes para la explotación; 3) la medida en que se está concientizado acerca de

los diferentes ecosistemas urbanos, incluidos los alimentos, disposición de desechos y la política de educación; 4) la inclusión al espacio de cultivo y otros recursos necesarios para participar en el cultivo de alimentos; y 5) medida, la seguridad humana y ambiental en las ciudades, para disminuir los daños ecosistémicos. Los planteamientos en este sentido rompen paradigmas de agricultura tradicional y abren la posibilidad de encontrar otra manera eficiente de hacer simbiosis entre la urbanidad y la ruralidad (Gulyas; Edmondson, 2021). Tal vez un marco de referencia para la implementación deba incluir dieta segura y saludable, pluralidad, inclusividad y equidad, seguridad alimentaria, sostenibilidad y resiliencia (Soma et al., 2021).

La seguridad alimentaria y la nueva resiliencia frente al desarrollo sostenible

El entorno agrícola convencional es influido por estrés biofísico, del territorio, de expansión y también social. Se propone, entonces, una reorientación de acciones que procuran la resiliencia al clima (Lipper et al., 2014). No se debe continuar con el modelo actual de producción agrícola, es imposible pensar que este permitirá alcanzar la sostenibilidad de los territorios (Artmann; Sartison, 2018). La AU puede abordar problemas de inseguridad alimentaria urbana, que probablemente cobrarán más importancia con la tendencia secular hacia la urbanización de la pobreza y de la población en las regiones en desarrollo. Sin embargo, la comprensión de la importancia, la naturaleza y las implicaciones de seguridad alimentaria urbana se ve afectada por la falta de datos científicos fiables y de buena calidad.

Para 15 países en desarrollo, bajo una perspectiva internacional, se compara la importancia de la AU y su relación con la pobreza de cada territorio. La población podría mejorar su condición, mejorar sus ingresos y, lo que es aún más importante, mejorar su calidad de vida y nutrición (Zezza; Tasciotti, 2010).

La agricultura tiene una incidencia sobre el cambio climático, debido a la tendencia de las poblaciones a concentrarse en las ciudades, lo que ocasiona el desplazamiento de las zonas de cultivo e industria hacia los territorios campesinos y un evidente cambio de uso de la tierra (Pribadi y Pauleit, 2015), además del uso del agua y de los demás recursos relacionados con la cadena de valor del sector agrícola. “Es necesario establecer un vínculo con las prácticas agrícolas y el desarrollo de políticas, lo que requiere acciones coordinadas y estrategias a largo plazo que involucren a múltiples partes interesadas” (Rajala et al., 2021, p. 1). Sin embargo,

sería indispensable cerrar la brecha entre la generación de conocimiento y los resultados del desarrollo, ya que se considera que aplicar la Teoría del Cambio (ToC o Theory of Change, por sus siglas y denominación en inglés) contribuye a relacionar de forma sistemática los aspectos y elementos de interés con las partes interesadas, en una gestión que reduzca la velocidad de cambio global (Thornton et al., 2017, p. 152).

El Estado definitivamente debe regular las actividades de AU, las cuales se deben planificar y gestionar de forma eficaz. La AU se debe reconocer como un tipo legítimo de uso del suelo urbano, entendiendo, además, que puede ayudar a fomentar la circularidad en el uso de recursos (Steenkamp et al., 2021).

Agricultura urbana y ciudades sostenibles

La AU contribuye a la seguridad alimentaria, proporciona beneficios para la salud de la población, fomenta la inclusión social, mejora el bienestar percibido, proporciona un recurso valioso para la regeneración urbana y promueve la innovación social (Tapia et al., 2021). En paralelo, se demuestra, además, que el aumento de plagas y enfermedades motivado por los cambios climáticos disminuye la calidad nutricional de la producción agrícola, esto impacta las esferas ambiental, social y económica del desarrollo humano y ecosistémico para cualquier tipo de agricultura que se desarrolle en la actualidad (Parenti et al., 2020). De este modo, la AU puede tener un papel relevante para abordar los problemas de inseguridad alimentaria, que seguramente cobrarán más importancia con la tendencia del ser humano de migrar hacia las urbes. Esta tendencia aumenta la posibilidad de pobreza bajo los sistemas de desarrollo actuales (Zezza; Tasciotti, 2010).

La AU es una tendencia cada vez más popular para abordar los efectos sociales y sanitarios de las ciudades, por ejemplo, mediante la mejora en salud y bienestar, el aumento de oportunidades económicas, cohesión social y educación medioambiental (Kirby et al., 2021). La agricultura urbana y periurbana son Soluciones Basadas en la Naturaleza (NbS o Nature based Solutions, por sus siglas y denominación en inglés) (Artmann; Sartison, 2018), fundamentales en la economía de los países en vías de desarrollo (Satterthwaite et al., 2010).

La agricultura a gran escala, con soluciones automatizadas y digitales, está ganando popularidad en ciudades asiáticas, donde el paisaje agrícola ha sido dominado tradicionalmente por la agricultura de pequeña escala. Por ello, se hace necesario investigar la diferencia entre las emisiones y la huella de carbono (CF, por sus siglas en inglés), la explotación convencional de pequeños agricultores, y la agricultura digital a gran escala (Hu et al., 2021). La CF de la horticultura urbana sirve para contrarrestar las presiones urbanas en áreas informales mediante la creación de espacios verdes, mientras se mejora la sensibilidad medioambiental. Los huertos urbanos son una respuesta a la informalidad, que contribuye a la mejora de la calidad de vida, ya que se desarrollan superficies verdes, se producen alimentos, se adquiere conciencia medioambiental y se reduce la contaminación del aire, de las aguas y de los suelos.

Las publicaciones muestran el aumento del interés científico mundial en las infraestructuras urbanas verdes y azules (GBI o Green and Blue Infrastructure, por sus siglas y denominación en inglés) del planeta (de Macedo et al., 2021). Sin embargo, es importante identificar la capacidad de producción factible en los edificios de hormigón armado actuales de cada ciudad (Huang; Chang, 2021) y, mientras tanto, determinar los requerimientos de diseño de las nuevas infraestructuras urbanas.

Para garantizar un sistema alimentario rural-urbano resiliente para el futuro, es de vital importancia comprender los mecanismos institucionales específicos del contexto, por lo cual son necesarias las comunidades administradas por líderes fuertes con capacidades para motivar e influir en otros actores de la red para mejorar y realizar cambios (Soma et al., 2021), por lo que la implantación es factible, si “se diseñan en colaboración con la comunidad y se aplica un modelo de gestión adaptable a largo plazo” (Pedro et al., 2020, p. 220).

Ciudades sostenibles y la seguridad alimentaria

La biodiversidad en los espacios urbanos se mejora mediante la creación de corredores verdes que faciliten el secuestro de carbono (Orsini et al., 2014) y el uso de techos para cultivo, que permitan reducir la importación de alimentos vegetales (Sanyé-Mengual et al., 2015). La producción y el consumo de alimentos en las zonas urbanas ayudaría a crear ecosistemas de bienestar que estimulen la seguridad alimentaria (Orsini et al., 2014). Cada territorio y comunidad se adaptará e implementará de modo diferente y apropiado a su contexto y entorno.

Por ello, se encontrará una relación importante entre la capacidad productiva urbana de alimentos y el impacto socioeconómico de cada ciudad (Grewal; Grewal, 2012).

En cuanto a las ciudades modernas, dependen exclusivamente de la importación de recursos para satisfacer sus necesidades básicas diarias de alimentos, materiales y otros bienes esenciales de consumo, lo que las obliga a transportarlos a grandes distancias. Esto provoca la emisión de gases de efecto invernadero nocivos (Grewal; Grewal, 2012). Al parecer, la aglomeración urbana experimenta una grave escasez de agua. Debido a su rápida expansión, existen múltiples desafíos para la sostenibilidad, entre ellos, el uso industrial y la agricultura intensiva. Este fenómeno afecta directamente el clima y amenaza a la seguridad alimentaria, a los recursos hídricos y, por tanto, a la sostenibilidad del ecosistema. Así mismo, la contaminación del agua y de las aguas subterráneas presenta riesgos para la salud pública (Kattel et al., 2021).

El aumento de invernaderos en las azoteas para integrar la agricultura en las ciudades demuestra el interés en el aprovechamiento de estas superficies, aunque aún en muchos lugares no se ha cuantificado el área con este uso potencial. Un estudio realizado en la ciudad de Barcelona, España, permitió encontrar que el ocho por ciento (8 %) de los techos de los parques logísticos e industriales son factibles para dicha implementación en corto plazo, con estimaciones de producción anual de tomate, por ejemplo, de casi 2.000 toneladas al año, equivalentes a la demanda anual de tomate de 150.000 personas (Sanyé-Mengual et al., 2015).

En la ciudad de Western Cape, Sudáfrica, se realizó la implementación de AU a nivel piloto en 220 hogares, que se beneficiaron de la diversidad dietética y la generación de ingresos a través de productos alimenticios. La impresión general de los agricultores urbanos es que experimentan un mejor estado nutricional, mejores niveles de salud, así como también empleo (Swanepoel et al., 2021). Se trata de una forma de “urbanismo inclusivo” (Pedro et al., 2020). El modelo implementado en dicha ciudad se consideró aún insostenible, y se propone para comunidades más numerosas.

Pero, seguramente el abastecimiento urbano de alimentos encontrará una simbiosis en los indicadores de servicios ecosistémicos, multifuncionalidad entre ciudades, comestibles y capacidades sociales. Es así como aparecen soluciones sistémicas al proceso argumentativo (Artmann; Sartison, 2018). El uso de medios de control digital apoyado en mediciones de CF

son alternativas a la agricultura convencional, ya que facilitan la línea base para el análisis de desempeño ambiental de los cultivos y, con ello, su sostenibilidad. De ahí que la cuantificación y evaluación de la sostenibilidad de la agricultura urbana de alto rendimiento sea clave para estimar el potencial de autosuficiencia alimentaria de las ciudades a través del cultivo urbano (Benis et al., 2018).

Conclusiones

A partir de la revisión bibliográfica, la agricultura urbana es un enfoque que aborda temas de seguridad alimentaria, la adaptación al cambio climático a partir de la conexión de los ecosistemas, la gestión del agua, y cultivos adaptados y tolerantes. Estos tópicos son los más estudiados e investigados por los autores analizados. La información revisada bajo la ciencia métrica muestra que, pese a los paradigmas de la actual sociedad, la cual se rige en el modelo de consumo y en la explosión demográfica de las ciudades, la AU es una alternativa viable para garantizar la seguridad alimentaria vegetal, dadas las actuales situaciones catastróficas que se vienen experimentando en el mundo.

Finalmente, a tenor de la revisión teórica analizada, la AU puede mejorar la resiliencia, al posibilitar el abastecimiento de alimentos vegetales, la mejora del ambiente, el paisajismo, la generación de empleo, y el aprendizaje de cultivos urbanos, los cuales servirán como insumos para generar una línea base de políticas públicas, que brinden un mejor bienestar social de los habitantes urbanos.

Referencias Bibliográficas

- Aria, Massimo; Cuccurullo, Corrado (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(14). 959-955. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Artmann, Martina; Sartison, Katharina (2018). The role of urban agriculture as a nature-based solution: A review for developing a systemic assessment framework. *Sustainability*, 10(6), 1937. <https://doi.org/10.3390/su10061937>

- Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (21 de octubre de 2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. A/RES/70/1. Recuperado de www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html
- Bacco, Manlio; Barsocchi, Paolo; Ferro, Erina; Gotta, Alberto; Ruggeri, Massimiliano (2019). The digitisation of agriculture: a survey of research activities on smart farming. *Array*, 3-4, 100009. <https://doi.org/10.1016/j.array.2019.100009>
- Bakhtsiyarava, Maryia; Grace, Kathryn (2021). Agricultural production diversity and child nutrition in Ethiopia. *Food Security*, 13, 1407-1422. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01173-9>
- Bellezoni, Rodrigo; Meng, Fanxin; He, Pan; Seto, Karen (2021). Understanding and conceptualizing how urban green and blue infrastructure affects the food, water, and energy nexus: A synthesis of the literature. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125825. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125825>
- Benis, Khadija; Gashgari, Raneem; Alsaati, Adnan; Reinhart, Cristoph (2018). Urban Foodprints (UF) Establishing baseline scenarios for the sustainability assessment of high-yield urban agriculture. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 13(4), 349-360. <https://doi.org/10.2495/DNE-V13-N4-349-360>
- Benjamin, Emmanuel; Buchenrieder, Gertrud; Sauer, Johannes (2021). Economics of small-scale aquaponics systems in West Africa: A SANFU case study. *Aquaculture Economics & Management*, 25(1), 53-69. <https://doi.org/10.1080/13657305.2020.1793823>
- Blondel, Vincent; Guillaume, Jean-Loup; Lambiotte, Renaud; Lefebvre, Etienne (2008). Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of statistical mechanics: theory and experiment*, 10, P10008. <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Boulanger, Pierre; Boysen-Urban, Kristen; Philippidis, George (2021). European Union Agricultural Support ‘Coupling’ in Simulation Modelling: Measuring the Sustainability Impacts. *Sustainability*, 13(6), 3264. <https://doi.org/10.3390/su13063264>

- Chen, Jiangsheng; Bolt, Gideon; Wang, Yiwen; Feng, Xiaoli; Li, Xuke (2021). An Empirical Diagnosis of the School-to-Work Process for Rural and Agricultural Development in China. *Sustainability*, 13(2), 778. <https://doi.org/10.3390/su13020778>
- Core of Science (2021). Tree of Science ToS [Software de computador]. Recuperado de <https://coreofscience.shinyapps.io/scientometrics/>
- Costanza, Robert; D'Arge, Ralph; de Groot, Rudolf; Farber, Stephen; Grasso, Monica; Hannon, Bruce; Limburg, Karin; Naeem, Shahid; O'Neill, Robert; Paruelo, Jose; Raskin, Robert; Sutton, Paul; van den Belt, Marjan (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Darko, Amos; Chan, Albert; Huo, Xiaosen; Owusu-Manu, De-Graft (2019). A scientometric analysis and visualization of global green building research. *Building and Environment*, 149, 501-511. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.059>
- Davila, Federico; Bourke, Richard; McWilliam, Andrew; Crimp, Steven; Robins, Lisa; van Wensveen, Monica; Alders, Robyn; Butler, James (2021). COVID-19 and food systems in Pacific Island Countries, Papua New Guinea, and Timor-Leste: Opportunities for actions towards the sustainable development goals. *Agricultural Systems*, 191, 103137. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103137>
- De Macedo, Laura; Picavet, Marc; de Oliveira, José; Shih, Wan-Yu (2021). Urban green and blue infrastructure: A critical analysis of research on developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 313, 127898. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127898>
- Derose, Kathryn; Fulcar, María; Acevedo, Ramón; Armenta, Gabriela; Jiménez-Paulino, Gipsy; Bernard, Claudio; Then-Paulino, Amarilis (2021). An Integrated Urban Gardens and Peer Nutritional Counseling Intervention to Address Food Insecurity Among People with HIV in the Dominican Republic. *AIDS Education and Prevention*, 33(3), 187-201. <https://doi.org/10.1521/aeap.2021.33.3.187>
- Derunova, Elena; Kireeva, Natal'ya; Pruschak, Olesya (2021). Rural social development is a key condition for inclusive growth agri-food system of Russia. *Scientific Papers: Management*,

- Economic Engineering in Agriculture & Rural Development, 21(1).
http://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.21_1/Art22.pdf
- Derviş, Hamid (2019). Bibliometric analysis using Bibliometrix an R Package. *Journal of Scientometric Research*, 8(3), 156-160. <https://doi.org/10.5530/jsciress.8.3.32>
- Despommier, Dickson (2010). *The vertical farm: feeding the world in the 21st century*. Macmillan.
- Dick, Milene; da Silva, Marcelo; da Silva, Rickiel; Ferreira, Otoniel; de Souza, Manoel; de Lima, Sebastião; Neto, Vespasiano; Dewes, Homero (2021). Environmental impacts of Brazilian beef cattle production in the Amazon, Cerrado, Pampa, and Pantanal biomes. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127750. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127750>
- Dubey, Pradeep; Singh, Ajeet; Raghubanshi, Apoorva; Abhilash, Purushothaman (2021). Steering the restoration of degraded agroecosystems during the United Nations Decade on Ecosystem Restoration. *Journal of Environmental Management*, 280, 111798. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111798>
- Ezeudu, Obiora; Oraelosi, Tochukwu; Agunwamba, Jonah; Ugochukwu, Uzochukwu (2021). Co-production in solid waste management: analyses of emerging cases and implications for circular economy in Nigeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 52392-52404. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14471-8>
- Gephi (2021). Graph Viz Platform [Software de computador]. Recuperado de <https://gephi.org/>
- Grewal, Sharanbir; Grewal, Parwinder (2012). Can cities become self-reliant in food? *Cities*, 29(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.06.003>
- Gulyas, Boglarka; Edmondson, Jill (2021). Increasing city resilience through urban agriculture: Challenges and solutions in the Global North. *Sustainability*, 13(3), 1465. <https://doi.org/10.3390/su13031465>
- Hu, Yingjie; Sun, Jin; Zheng, Ji (2021). Comparative analysis of carbon footprint between conventional smallholder operation and innovative largescale farming of urban agriculture in Beijing, China. *PeerJ*, 9, e11632. <https://doi.org/10.7717/peerj.11632>

- Huang, Angela; Chang, Fi-John (2021). Prospects for Rooftop Farming System Dynamics: An Action to Stimulate Water-Energy-Food Nexus Synergies toward Green Cities of Tomorrow. *Sustainability*, 13(16), 9042. <https://doi.org/10.3390/su13169042>
- Kattel, Giri; Reeves, Jessica; Western, Andrew; Zhang, Wenjing; Jing, Wei; McGowan, Suzanne; Cuo, Lan; Scales, Peter; Dowling, Kim; He, Qiang; Wang, Lei; Capon, Samantha; Pan, Zenghui; Cui, Juansheng; Zhang, Lulu; Xiao, Luo; Liu, Chun; Zhang, Ke; Gao, Chuanyu;... Liu, Yongding (2021). Healthy waterways and ecologically sustainable cities in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration (northern China): Challenges and future directions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 8(2), e1500. <https://doi.org/10.1002/wat2.1500>
- Khan, Imran; Lei, Hongdou; Khan, Ahmad; Muhammad, Ihsan; Javeed, Tehseen; Khan, Asif; Huo, Xuexi (2021). Yield gap analysis of major food crops in Pakistan: prospects for food security. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(7), 7994-8011. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11166-4>
- Kirby, Caitlin; Specht, Kathrin; Fox-Kämper, Runrid; Hawes, Jason; Cohen, Nevin; Caputo, Silvio; Ilieva, Rositsa; Lelièvre, Agnès; Ponizy, Lidia; Schoen, Victoria; Blythe, Chris (2021). Differences in motivations and social impacts across urban agriculture types: Case studies in Europe and the US. *Landscape and Urban Planning*, 212, 104110. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104110>
- Krishnan, Sarada; Nandwani, Dilip; Smith, George; Kankarta, Vanaja (2016). Sustainable urban agriculture: A growing solution to urban food deserts. En D. Nandwani (Ed.), *Organic farming for sustainable agriculture* (pp. 325-340). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26803-3_15
- Lal, Rattan; Bouma, Johan; Brevik, Eric; Dawson, Lorna; Field, Damien; Glaser, Bruno; Hatano, Ryusuke; Hartemink, Alfred; Kosaki, Takashi; Lascelles, Bruce; Monger, Curtis; Muggler, Cristine; Ndzana, Georges; Norran, Stefan; Pan, Xicai; Paradelo, Remigio; Reyes-Sánchez, Laura; Sandén, Taru; Singh, Bal; Zhang, Jiabao (2021). Soils and sustainable development

- goals of the United Nations (New York, USA): An IUSS perspective. *Geoderma Regional*, 25, e00398. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00398>
- Liang, Boyi; Liu, Hongyan; Quine, Timothy; Chen, Xiaoqiu; Hallett, Paul; Cressey, Elizabeth; Zhu, Xinrong; Cao, Jing; Yang, Shunghua; Wu, Lu; Hartley, Iain (2021). Analysing and simulating spatial patterns of crop yield in Guizhou Province based on artificial neural networks. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 45(1), 33-52. <https://doi.org/10.1177/0309133320956631>
- Lipper, Leslie; Thornton, Philip; Campbell, Bruce; Baedeker, Tobias; Braimoh, Ademola; Bwalya, Martin; Caron Patrick; Cattaneo, Andrea; Garrity, Dennis; Henry, Kevin; Hottle, Ryan; Jackson, Lousie; Jarvis, Andrew; Kossam, Fred; Mann, Wendy; McCarthy, Nancy; Meybeck, Alexandre; Neufeldt, Henry; Remington, Tom; Thi Sen, Pham; ... Torquebiau, Emmanuel (2014). Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*, 4(12), 1068-1072. <https://doi.org/10.1038/nclimate2437>
- López, Alejandro; Aguilar, Marcelo; Vélez, Juan; Pineda, Elkin; Ordoñez, Ginna (2019). Design of a vegetable production model: Z-farming. *Journal of Physics: Conference Series*, 1418(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1418/1/012013>
- Marandure, Tawanda; Bennett, James; Dzama, Kennedy; Makombe, Godswill; Mapiye, Cletos (2021). Drivers of low-input farmers' perceptions of sustainable ruminant farming practices in the Eastern Cape Province, South Africa. *Environment, Development and Sustainability*, 23(6), 8405-8432. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00973-x>
- Marín, Juan; Robledo, Sebastián; Duque-Méndez, Néstor (2017). Marketing Emprendedor: Una perspectiva cronológica utilizando Tree of Science. *Civilizar de empresa y economía*, 13(1), 113-123. Recuperado de <https://revistas.usergioarboleda.edu.co/index.php/ceyc/article/view/923/768>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2022). Escasez de agua: Uno de los mayores retos de nuestro tiempo. Recuperado de <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1185408/>

- Orsini, Francesco; Gasperi, Daniela; Marchetti, Livia; Piovene, Chiara; Draghetti, Stefano; Ramazzotti, Solange; Bazzocchi, Giovanni; Gianquinto, Giorgio (2014). Exploring the production capacity of rooftop gardens (RTGs) in urban agriculture: the potential impact on food and nutrition security, biodiversity and other ecosystem services in the city of Bologna. *Food Security*, 6(6), 781-792. <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0389-6>
- Parenti, Emanuelle; Deggau, André; da Silva, Samara; de Oliveira, Manoela; de Paulo, Luíza; de Andrade, Salgueirino (2020). The Contributions of Urban Agriculture to the Promotion of Food Security in the Context of Climate Change: A Literature-Based Review. En W. Leal; J. B. S. de Andrade (Eds.), *Water, Energy and Food Nexus in the Context of Strategies for Climate Change Mitigation. Climate Change Management* (pp. 103-114). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57235-8_9
- Pedro, Alexandra; Görner, Anna; Lindner, André; Wende, Wolfgang (2020). More than fruits and vegetables: Community garden experiences from the Global North to foster green development of informal areas in Sao Paulo, Brazil. *Research in Urbanism Series*, 6, 219-242. <https://doi.org/10.7480/rius.6.101>
- Pribadi, Didit; Pauleit, Stephan (2015). The dynamics of peri-urban agriculture during rapid urbanization of Jabodetabek Metropolitan Area. *Land Use Policy*, 48, 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.009>
- Rajala, Elisabeth; Vogel, Isabel; Sundin, Anneli; Kongmanila, Daovy; Nassuna-Musoke, Maria; Musundire, Robert; Mulangala, Marianne; Chiwona-Karltun, Linley; Magnusson, Ulf; Boqvist, Sofia (2021). How can agricultural research translation projects targeting smallholder production systems be strengthened by using Theory of Change? *Global Food Security*, 28, 100475. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100475>
- Robledo, Sebastián; Osorio, Germán; López, Carolina (2014). Networking en pequeña empresa: una revisión bibliográfica utilizando la teoría de grafos. *Revista Vínculos*, 11(2), 6-16. <https://doi.org/10.14483/2322939X.9664>
- RStudio (2021). RStudio Cloud [Software de computador]. Recuperado de <https://rstudio.cloud/>

- Rukasha, Tanyaradzwa; Nyagadza, Brighton; Pashapa, Rumbidzai; Muposhi, Asphat (2021). Covid-19 impact on Zimbabwean agricultural supply chains and markets: A sustainable livelihoods perspective. *Cogent Social Sciences*, 7(1), 1928980. <https://doi.org/10.1080/23311886.2021.1928980>
- Sánchez-Meca, Julio; Botella, Juan (2010). Revisiones sistemáticas y meta-análisis: Herramientas para la práctica profesional. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 7-17. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/778/77812441002.pdf>
- Sanyé-Mengual, Esther; Cerón-Palma, Ileana; Oliver-Solà, Jordi; Montero, Juan; Rieradevall, Joan (2015). Integrating horticulture into cities: A guide for assessing the implementation potential of Rooftop Greenhouses (RTGs) in industrial and logistics parks. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 87-111. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942095>
- Satterthwaite, David; McGranahan, Gordon; Tacoli, Cecilia (2010). Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2809-2820. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0136>
- Semanate-Quíñonez, Hugo; Upegui-Valencia, Anlly; Upequi-Valencia, María (2022). Blended learning, avances y tendencias en la educación superior: una aproximación a la literatura. *Informador Técnico*, 86(1), 46-68. <https://doi.org/10.23850/22565035.3705>
- Shammi, Mashura; Bodrud-Doza, Zion; Islam, Abu; Rahman, Mostafizur (2021). Strategic assessment of COVID-19 pandemic in Bangladesh: comparative lockdown scenario analysis, public perception, and management for sustainability. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6148-6191. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00867-y>
- Soares, Panmela; Almendra-Pegueros, Rafael; Benítez-Brito, Néstor; Fernández-Villa, Tania; Lozano-Lorca, Macarena; Valera-Gran, Desirée; Navarrete-Muñoz, Eva (2020). Sistemas alimentarios sostenibles para una alimentación saludable. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 24(2), 87-89. <https://doi.org/10.14306/renhyd.24.2.1058>

- Sodango, Terefe; Sha, Jinming; Li, Xiaomei; Noszczyk, Tomasz; Shang, Jiali; Aneseyee, Abreham; Bao, Zhongcong (2021). Modeling the Spatial Dynamics of Soil Organic Carbon Using Remotely-Sensed Predictors in Fuzhou City, China. *Remote Sensing*, 13(9), 1682. <https://doi.org/10.3390/rs13091682>
- Soma, Katrine; Obwanga, Benson; Kanyuguto, Charles (2021). A New Rural-Urban Fish Food System was Established in Kenya—Learning from Best Practices. *Sustainability*, 13(13), 7254. <https://doi.org/10.3390/su13137254>
- Steenkamp, Jorinda; Cilliers, Elizelle; Cilliers, Sarel; Lategan, Louie (2021). Food for Thought: Addressing Urban Food Security Risks through Urban Agriculture. *Sustainability*, 13(3), 1267. <https://doi.org/10.3390/su13031267>
- Swanepoel, Jan; van Niekerk, Johan; Tirivanhu, Precious (2021). Analysing the contribution of urban agriculture towards urban household food security in informal settlement areas. *Development Southern Africa*, 38(5), 785-798. <https://doi.org/10.1080/0376835X.2021.1920888>
- Tapia, Carlos; Randall, Linda; Wang, Shinan; Borges, Luciane (2021). Monitoring the contribution of urban agriculture to urban sustainability: an indicator-based framework. *Sustainable Cities and Society*, 74, 103130. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103130>
- Tarolli, Paolo; Pijl, Anton; Cucchiaro, Sara; Wei, Wei (2021). Slope instabilities in steep cultivation systems: Process classification and opportunities from remote sensing. *Land Degradation & Development*, 32(3), 1368-1388. <https://doi.org/10.1002/ldr.3798>
- Thornton, Philip; Schuetz, Tonya; Förch, Wiebke; Cramer, Laura; Abreu, David; Vermeulen, Sonja; Campbell, Bruce (2017). Responding to global change: A theory of change approach to making agricultural research for development outcome-based. *Agricultural Systems*, 152, 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.005>
- Vasylieva, Natalia; James, Harvey (2021). The effect of urbanization on food security and agricultural sustainability. *Economics & Sociology*, 14(1), 76-88. <https://doi.org/10.14254/2071-789X.2021/14-1/5>

Vittuari, Mateo; Bazzocchi, Giovanni; Blasioli, Sonia; Cirone, Francesco; Maggio, Albino; Orsini, Francesco; Penca, Jerneja; Petruzzelli, Mara; Specht, Kathrin; Amghar, Samir; Atanasov, Aleksandar-Mihail; Bastia, Teresa; Bertocchi, Inti; Coudard, Antoine; Crepaldi, Andrea; Curtis, Adam; Fox-Kämper, Runrid; Gheorghica, Anca; Lelièvre, Agnès;... de Menna, Fabio (2021). Envisioning the future of European food systems: Approaches and research priorities after COVID-19. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 58. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.642787> VOSViewer (2021).

VOSviewer [Software de computador]. Recuperado de <https://www.vosviewer.com/>

Wang, Sitong; Bai, Xuemei; Zhang, Xiaoling; Reis, Stefan; Chen, Deli; Xu, Jianming; Gu, Baojing (2021). Urbanization can benefit agricultural production with large-scale farming in China. *Nature Food*, 2(3), 183-191. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00228-6>

Xu, Yang; Zhang, Xuan; Hao, Zengchao; Singh, Vijay; Hao, Fanghua (2021). Characterization of agricultural drought propagation over China based on bivariate probabilistic quantification. *Journal of Hydrology*, 598, 126194. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126194>

Zeza, Alberto; Tasciotti, Luca (2010). Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries. *Food Policy*, 35(4), 265-273. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.04.007>

Zhang, Maoxing; Wang, Yin; Chen, Xi; Xu, Feiyun; Ding, Ming; Ye, Wenxiu; Kawai, Yuya; Toda, Yosuke; Hayashi, Yuki; Suzuki, Takamasa; Zeng, Houqing; Xiao, Liang; Xiao, Xin; Xu, Jin; Guo, Shiwei; Yan, Feng; Shen, Qirong; Xu, Gouhua; Kinoshita, Toshinori; Zhu, Yiyong (2021). Plasma membrane H⁺ ATPase overexpression increases rice yield via simultaneous enhancement of nutrient uptake and photosynthesis. *Nature Communications*, 12(1), 735. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-20964-4>

Zhong, Qiumeng; Wang, Lan; Cui, Shenghui (2021). Urban Food Systems: A Bibliometric Review from 1991 to 2020. *Foods*, 10(3), 662. <https://doi.org/10.3390/foods10030662>

Zuluaga, Marta; Robledo, Sebastián; Osorio-Zuluaga, Germán; Yathe, Laura; González, Diana; Taborda, Gonzalo (2016). Metabolomics and pesticides: systematic literature review using graph theory for analysis of references. Nova, 14(25), 121-138.
<https://doi.org/10.22490/24629448.1735>