



**Marcela Guzmán Rincón**

Escuela de Ciencias  
Económicas y  
Administrativas,  
Corporación Universitaria  
de Asturias, Colombia  
✉ marcela.guzman@  
asturias.edu.co

# Modeling of Production Chains in the Food Industry from the Perspective of System Dynamics for Decision Making: A Mapping Review

**Modelado de Cadenas de Producción en la  
Industria Alimentaria desde la Perspectiva  
de la Dinámica de Sistemas para la Toma de  
Decisiones: Una Revisión de Mapeo**



**Alfredo Guzmán Rincón**

Escuela de Ciencias  
Económicas y  
Administrativas,  
Corporación Universitaria  
de Asturias, Colombia.  
✉ alfredo.guzman@  
asturias.edu.co

## I. INTRODUCTION

Food production is considered the fundamental pillar for nations' social and economic development (Alzubi et al., 2023). In this context, it is recognized that food production chains face significant challenges due to the increasing demand for these products (Sadraei et al., 2023), as well as their susceptibility to external factors (Tonnang et al., 2023) such as pandemics, social unrest, supply chain disruptions, and others. Particularly, the COVID-19 pandemic had a significant and negative impact on food production chains (Tonnang et al., 2023), highlighting the need to analyze how these external factors affect food production from a systemic perspective (Zhang et al., 2023; Cambra & Vázquez, 2010).

In this environment, it is crucial to understand that food production is not an isolated system (Perdana et al., 2022; Zhong et al., 2017; Dabbene et al., 2014), but a complex and highly interconnected system (Demartini et al., 2022; Jagustović et al., 2019; Agudelo & López, 2018; Suryani et al., 2016; Minegishi & Thiel, 2000) involving



### EXECUTIVE SUMMARY

Food production is a cornerstone for the social and economic development of nations. Hence, it is acknowledged that food production chains face significant challenges due to increasing demand and external factors that can impact them. It is recognized that food production is not an isolated system but somewhat interconnected and highly complex. Therefore, system dynamics as a modeling method has gained recognition in academic and business circles for its ability to model systems and facilitate decision-making in food production. Given this recognition, this article aimed to identify and analyze research trends in modeling food production chains through system dynamics, with a particular focus on decision making. A mapping review was conducted to achieve this objective based on the search and selection from the SCOPUS database. The search and application of exclusion criteria yielded a sample of 38 documents. The results revealed an increasing trend in the number of documents published per year and the notable geographical diversity of the research. Three predominant groupings of the literature were identified: 1) sustainability and resource efficiency of supply chains, 2) interaction between water, energy, and food systems, and 3) application of system dynamics to the food industry. The mapping review identified the need to expand the methodology to a broader variety of problems within food production chains and the integration of multidisciplinary perspectives. This would allow a deeper understanding of the interactions between different systems and the influence of external factors.

### RESUMEN DEL ARTÍCULO

La producción de alimentos es un pilar para el desarrollo social y económico de las naciones. Así, se reconoce que las cadenas productivas de alimentos se enfrentan a importantes desafíos debido a la demanda creciente y factores externos que las pueden afectar. Dicho esto, se reconoce que la producción de alimentos no es un sistema aislado, sino por el contrario es interconectado y altamente complejo, por lo que la dinámica de sistemas como método de modelado ha ganado reconocimiento en el ámbito académico y empresarial debido a su capacidad para modelar sistemas y facilitar la toma de decisiones en lo que respecta en la producción de alimentos. Dado este reconocimiento, el objetivo de este artículo fue identificar y analizar las tendencias de investigación en el modelado de las cadenas productivas alimentarias mediante la dinámica de sistemas, con un enfoque particular en la toma de decisiones. Para el cumplimiento de este objetivo se desarrolló una revisión de mapeo, a partir de la búsqueda y selección de la base de datos SCOPUS. En total la búsqueda y aplicación de los criterios de exclusión generó una muestra de 38 documentos. Los resultados revelaron la tendencia creciente de la cantidad de documentos publicados por años y la notable diversidad geográfica de las investigaciones. Igualmente, se identificaron tres agrupaciones predominantes de la literatura: 1) sostenibilidad y eficiencia de los recursos de las cadenas de suministro, 2) interacción entre los sistemas de agua, energía y alimentos, y 3) aplicación de la dinámica de sistemas a la industria alimentaria. La revisión de mapeo identificó la necesidad de expandir la metodología a una variedad más amplia de problemas dentro de las cadenas productivas de alimentos y la integración de perspectivas multidisciplinares. Esto permitiría una comprensión más profunda de las interacciones entre diferentes sistemas y la influencia de factores externos.

farmers, producers, distributors, retailers, consumers, as well as environmental, economic, and social factors (Tonnang et al., 2023). Given the complexity and numerous interactions between actors and factors in food industry production chains, system dynamics emerge as an alternative for modeling, analyzing, and optimizing these complex chains (Tinsley et al., 2019).

System dynamics as a modeling method facilitates the identification of critical variables, understanding causal relationships, and simulation of different scenarios (Bala et al., 2017). Its use in food production chains allows for anticipating the impacts of potential disturbances or changes in the system, such as pandemics, social unrest, or supply chain disruptions (Tonnang et al., 2023).

Consequently, system dynamics has gained recognition in academic and business environments due to its ability to model systems and facilitate decision-making, leading to growing interest in using this method to explain phenomena in food production chains (Aprillya & Suryani, 2023; Demartini et al., 2022; Gebre et al., 2020; Dizyee et al., 2017; Grisales & Restrepo, 2015; García et al., 2011; Minegishi & Thiel, 2000). This is possible because system dynamics models and simulates variable behavior over time (Bala et al., 2017; Guzmán et al., 2023).

Despite the above, it is crucial to emphasize the notable lack of literature reviews that comprehensively and specifically address the application of system dynamics in food production chains. This gap in scientific literature is partly due to previous studies focusing on analyzing specific problems within food production chains rather than exploring modeling and simulation methods as strategic tools for decision-making. For instance, the review by García-Oliveira et al. (2022) shed light on current critical issues, such as terrestrial ecosystem destruction, overfishing, and mass waste production. Cheng et al. (2019) focused on consolidating information regarding antimicrobial resistance within agri-food production chains. Van Raamsdonk et al. (2020) investigated the repercussions associated with microplastics in food production, a topic also studied by Toussaint et al. (2019). While these reviews are fundamental for understanding the existing problems of food production chains, including system dynamics as a modeling approach could significantly enrich the analysis and problem-solving in food production chains, allowing for a comprehensive and dynamic evaluation that considers complex interactions and emergent behavior over time.

***System dynamics as a modeling method facilitates the identification of critical variables, understanding causal relationships, and simulation of different scenarios***

This literature mapping aimed to identify and analyze research trends in modeling food production chains through system dynamics, with a particular focus on decision-making. In line with the research objective, the following questions were proposed to be resolved:

RQ1: What has been the evolution of publications on system dynamics in food production chains, and how do these bibliometric trends relate to thematic changes?

RQ2: How has system dynamics modeling been used in the study of food production chains, and what results have the models shown in decision-making?

By answering the research questions, it is hoped to strengthen and expand existing knowledge about the application of system dynamics in the food industry and to discover and outline areas where current research is limited or non-existent. Consequently, it seeks to encourage the development of new research lines that can close these gaps and ultimately contribute to creating more resilient and efficient production chains.

Furthermore, this mapping proposes an integrated vision that shows trends in literature and research fields, synthesizes key findings, and recommends strategic directions for future research. In doing so, it aims to facilitate a better understanding of the inherent complexity of food production chains and enhance the ability of industry actors and policymakers to anticipate and mitigate the impacts of external disturbances (environmental, economic, and social) on the global food system, as well as the consequences of their strategic, tactical, and operational decisions on the variables involved in each of the food production chains.

This article is structured into four sections. The first presents the methodology; the second shows the results of the literature mapping, as well as findings in the documents reviewed in this mapping; the third describes the implication for management; and, the fourth presents the conclusions.

## 2. METHODOLOGY

To achieve the objective of this study, a mapping review was developed, defined as a transparent, rigorous, and systematic approach to identify, describe, and catalog evidence and knowledge gaps in a thematic area (Campbell et al., 2023). Such reviews are divided into two main sections. The first corresponds to the graphical visualization

### KEYWORDS

Production Chains, Food, Food Industry, System Dynamics.

### PALABRAS CLAVE

Cadenas productivas, alimentos, industria alimenticia, dinámica de sistemas.

of metadata from articles and data extracted from databases to identify trends such as most-cited journals, most studied topics, and collaboration among authors and countries. This visualization helps to discern patterns and clusters within the literature, allowing researchers to detect areas that have been extensively explored and those that still require investigation (Khalil & Tricco, 2022). The second section focuses on the qualitative synthesis of the gathered information, which includes extracting and aggregating data to identify central concepts, predominant theories, common research methods, and significant research findings (Khalil & Tricco, 2022).

For the collection of relevant study sources, the SCOPUS database was chosen for its extensive and varied collection of publications and its rigor in content curation (Schotten et al., 2017). SCOPUS is distinguished by covering a wide spectrum of disciplines and facilitating the inclusion of studies from diverse areas such as technology, health, humanities, and social sciences, all relevant to food production chains. For this study, peer-reviewed documents that focused on food production chains and used system dynamics as the main method were included in the review. The selected documents had to develop simulation models to consider how the models have been used and the results obtained from the simulations. Only documents written in English or Spanish were included. Likewise, literature reviews were not included.

In total, 40 articles were obtained after reviewing the exclusion criteria. Below is the search equation used.

("System Dynamic\*") AND ( production OR manufactur\* OR produc\* OR fabrication) AND ("food industry")

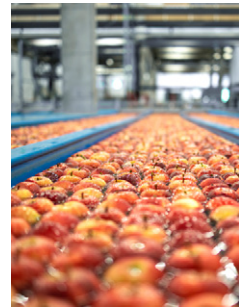
The selection of primary studies was carried out following a meticulous and systematic process to ensure the relevance and quality of the information included in the research. In this sense, it began with reading the titles, abstracts, and keywords of all studies identified in the initial search in SCOPUS. This was intended to discard those studies that clearly did not meet the established inclusion criteria, such as those outside the thematic scope of the study or irrelevant to the research objectives. Subsequently, a detailed reading was carried out where a full reading of the documents was performed to consolidate the study sample.

A detailed and structured procedure was followed to extract and classify data from the selected articles. This process was carried out to ensure coherence and precision in the analysis of the information. For



RQ1, the metadata of the articles available in the SCOPUS database was downloaded. For RQ2, a data extraction tool was designed, based on a spreadsheet, which allowed recording relevant information from each article. This tool included the following data: article title, authors, year of publication, title of the publication, SCOPUS categorization quartile (only for journals), study objectives, methodology used, key results, and conclusions.

For the analysis of the information, both quantitative and qualitative techniques were used to answer the review questions. Thus, for RQ1, a bibliometric trends analysis was conducted using the collected metadata. For this first analysis, trends such as the temporal evolution of publications, countries with the highest number of publications, and journal rankings, among others, were identified. Additionally, data visualization tools such as collaboration maps and trend graphs were used to visually represent the relationships and patterns identified in the bibliometric analysis. For RQ2, an inductive synthesis of the data recorded in the spreadsheet was used.



### 3. RESULTS

In the execution of the methodology, as shown in **Figure 1**, the study selection process is presented. The search conducted in SCOPUS yielded a total of 40 documents, of which two were excluded for being reviews. Following the full-text reading phase, the sample comprised 38 documents.

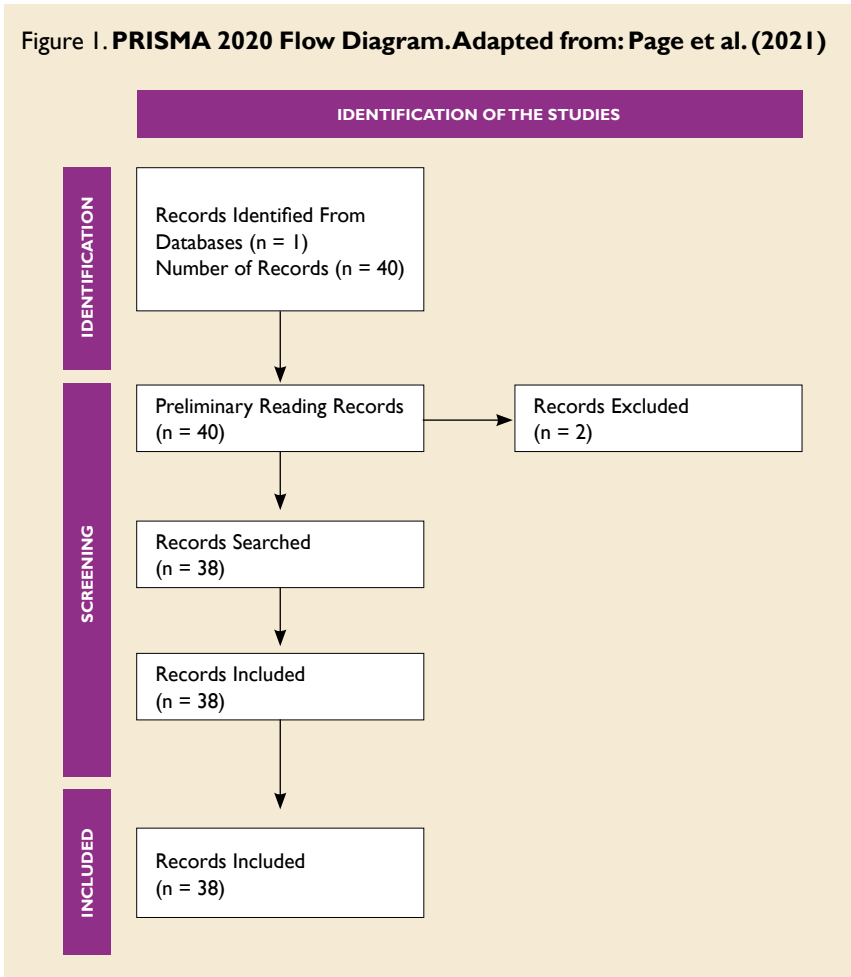
Table I. **Presents the categorization of the documents**

DOCUMENT TYPE	QUANTITY
Articles.	31
Conference Papers.	5
Book.	1
Book chapter.	1

#### 3.1. RQ1: What has been the evolution of publications on system dynamics in food production chains, and how do these bibliometric trends relate to thematic changes?

Among the 38 selected documents, a general trend of increasing publication numbers over the years was observed. This suggests

Figure 1. PRISMA 2020 Flow Diagram. Adapted from: Page et al. (2021)



a growing interest in system dynamics applied to food production chains. However, it is recognized that there are fluctuations in the number of publications from one year to another. The year with the most publications was 2023, totaling six, followed by 2018, 2021, and 2022 with five each. **Figure 2** presents the evolution of publications by year.

Furthermore, various publication sources indicate that research in system dynamics applied to food production chains is disseminated through multiple academic channels. The journals with the highest number of publications are Science of the Total Environment (n = 5), PloS ONE (n = 5), and Resources, Conservation and Recycling (n = 3), with a total of 29 unique publication sources identified. **Figure 3** shows the most frequent sources of publication.

Figure 2. **Publications by Year**

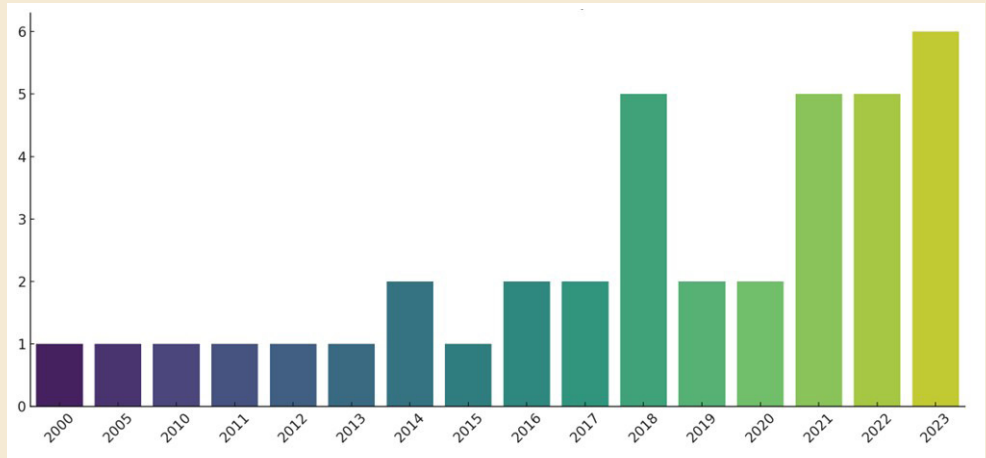
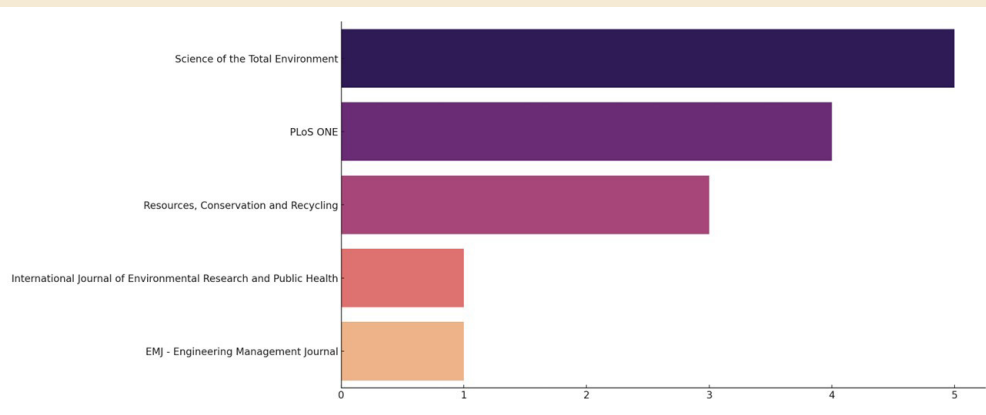


Figure 3. **Ranking of the Most Frequent Publication Sources**



Considerable geographic diversity is observed from the countries of origin of the authors' affiliations of the 38 documents, with contributions coming from multiple continents. However, the countries with the most researchers dedicated to studying food production chains through system dynamics modeling are the United Kingdom, China, the United States, and Canada. In the case of the United Kingdom, the total number of publications is six; China, the United States, and Canada have published four articles each. Germany, the Netherlands, and France have also managed to publish four articles each. With two

publications each India and Belgium. Finally, New Zealand, Russia, Indonesia, Colombia, Thailand, and Switzerland have contributed with one publication each.

Regarding the co-occurrence analysis of the keywords, twelve clusters or conglomerations of keywords were detected (see **Figure 4**), with three predominant groupings. The first is characterized by a concentration of themes related to sustainability and resource efficiency in food supply chains. Keywords such as system dynamics, food supply chains, and sustainability level indicate a focus on modeling system dynamics to improve the management and sustainability of these chains. This cluster highlights the importance of integrating the assessment of water quality and energy in food production, pointing towards a holistic approach to resource management. The second addresses the interaction between water, energy, and food systems, evidenced by terms like water-energy-food nexus and system dynamics modeling. This cluster reflects a growing interest in understanding how policies and decisions in one sector can impact others, underscoring the need for an integrated and systemic approach to decision-making. The keywords suggest a strong orientation towards modeling and quantitative policy assessment in these interconnected systems.

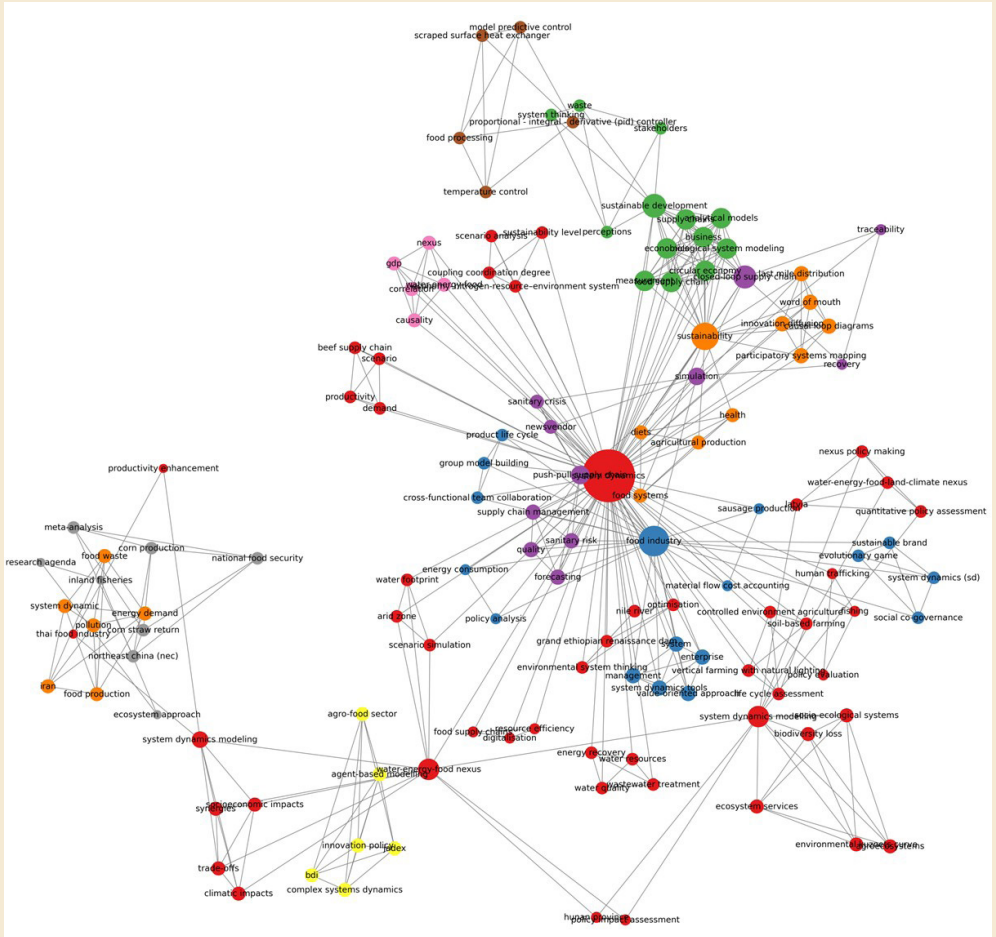
The third grouping focuses on applying system dynamics tools in the food industry. With terms like food industry, management, and system dynamics tools, this cluster focuses on process optimization, efficient management, and policy analysis in food production and distribution. It indicates a trend towards adopting advanced modeling approaches to address complex challenges in the food industry, from production to distribution. The other clusters (nine) associated specific keywords related to more detailed or technical aspects of system dynamics and food production chains, such as specific modeling methods, applications in particular subsectors of the food industry, or approaches focused on local or regional problems.

### **3.2. RQ2: How has system dynamics modeling been used in the study of food production chains, and what results have the models shown in decision-making?**

Following the structure obtained from the keyword co-occurrence network, the response to this research question is presented using the three main clusters identified. In relation to the sustainability and efficiency cluster, studies have focused on the importance of social



Figure 4. **Keyword Co-occurrence Diagram**



co-governance in building sustainable brands in the agri-food chain. For instance, the study by Mu and Zhu (2023) highlighted how social co-governance is crucial for the development of sustainable brands. Moreover, Kazançoğlu et al. (2023) emphasized the relevance of a system thinking-based approach integrating vertical and horizontal cooperation in production chains. This approach has been considered essential to include consumers and enhance social co-governance, which in turn can increase the sustainability of brands concerning food production (Anastasiadis et al., 2018; Kopainsky et al., 2020). Following the structure obtained from the keyword co-occurrence network, the research question is addressed using the three main clusters identified. Regarding the sustainability and efficiency cluster,

studies have emphasized the importance of social co-governance in building sustainable brands in the agri-food chain. For instance, the study by Mu and Zhu (2023) highlighted how social co-governance is crucial for the development of sustainable brands. Additionally, Kazançoğlu et al. (2023) underscored the significance of a systems thinking approach integrating vertical and horizontal cooperation in production chains. This approach is deemed essential for involving consumers and enhancing social governance, which can improve food production brands' sustainability (Anastasiadis et al., 2018; Kopainsky et al., 2020).

The study by Kazançoğlu et al. (2023) proposed an innovative Triple Bottom Line (TBL) framework used to identify key metrics in the environmental, social, and economic dimensions of sustainability in food production chains within the circular economy context. Through system dynamics modeling, the study revealed how environmental, social, and economic metrics simultaneously support multiple sustainability dimensions. In particular, it highlights that food loss significantly impacts various sustainability dimensions (Kazançoğlu et al., 2023). Other works have used system dynamics to compare different urban agriculture systems in terms of vegetable production, water, energy use, and global warming potential. The study by Song et al. (2022) predicted that vertical farming with natural lighting would be the most efficient food production system for Singapore. This is due to such food production offering the highest level of system self-sufficiency, reduced resource use, and lower environmental impact, emphasizing the viability and efficiency of urban agriculture systems in tropical city contexts (Song et al., 2022).

Regarding the impact of waste management in food production chains on sustainability, the works of Kazançoğlu et al. (2023) and Anastasiadis et al. (2018) emphasized how waste management practices can lead to notable improvements in resource efficiency and environmental impact reduction. This comprehensive approach demonstrates the importance of considering waste management as a key component in developing sustainable supply chains (Kazançoğlu et al., 2023; Anastasiadis et al., 2018).

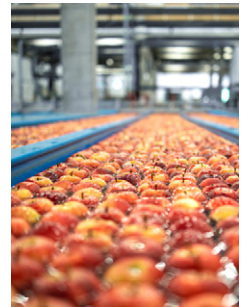
In the case of the second cluster, the Nexus approach has been used to analyze the dynamic evolution of the water-energy-food nexus. Incorporating society, economy, and environment systems, and the water-energy-food nexus, the system dynamics model developed by Wang et al. (2023) revealed that while Hunan maintains sufficient



grain production and water resource self-sufficiency, energy security remains a challenge. This analysis demonstrated the need to consider the interactions between different subsystems and the cross-impacts of policies to achieve sustainable development of the water-energy-food nexus (Wang et al., 2023). In this same vein, other studies have addressed the impact of climate change on the water-energy-food nexus. Through the analysis of future scenarios, the study by Wu et al. (2021) identified potential repercussions of climate change on the availability and management of water, energy, and food resources. In contrast, Kazançoğlu et al. (2023) highlighted how the adoption of advanced technologies like artificial intelligence and geographic information systems can optimize resource management and improve water and energy use efficiency.

Porkka et al. (2013) examined the global dynamics of the food system and its relation to food security. Their analysis showed a significant shift in global dietary composition, with an increase in animal-origin food consumption. Although global food supply has increased, food self-sufficiency has not seen notable changes, highlighting the growing importance of food trade to offset domestic production deficiencies. This study underscored the complexity of global food security and the need to understand the interactions between production, trade, and consumption (Porkka et al., 2013). In line with self-sufficiency, the governance of food security in simulation models has revealed that, although various models have been used to assess the impact of governance measures like strategic reserves and trade regulations, significant blind spots exist in simulating nodal measures. Studies such as Tan et al. (2017) highlighted the need to address food security indicators as a blind spot in studies.

Regarding the third cluster focusing on the use of system dynamics in production chains for decision-making, the research by Flandro and Petras (2005) sought to determine the efficacy of model-based predictive control, especially in low flow rate or high fluid viscosity situations. This advanced temperature control approach has been crucial for maintaining product quality and optimizing production processes (Flandro & Petras, 2005). In this same group, the work of Konrad et al. (2023) proposed an integrated approach combining natural and social sciences to address the dynamics of socio-ecological systems, highlighting the importance of understanding the interactions between fishing, ecosystem productivity, and aquatic biodiversity in coastal communities (Konrad et al., 2023).



Another example of system dynamics application occurred in France during an avian influenza crisis, where demand variations were modeled to manage stocks and external purchases. The model proposed by Thiel et al. (2014) compared traditional forecasting methods with a word-of-mouth diffusion model, revealing the complexity of the relationship between health risk and additional external purchases (Thiel et al., 2014).

#### 4. IMPLICATIONS FOR MANAGEMENT

The application of system dynamics in the production chains of the food industry represents an opportunity for transformation in terms of management and operation. Throughout the article, it was evidenced that the literature not only addresses technical and operational challenges but also redefines strategic management, offering business leaders robust tools for more informed and effective decision-making. With this in mind, system dynamics facilitate a comprehensive view of supply chains, which is crucial for the effective management of resources and the optimization of processes. By modelling the complex interactions among various elements of the chain, from production to consumption, managers can identify bottlenecks, foresee problems before they arise, and assess the impact of potential changes in one or more variables. This is particularly valuable in a context where efficiency and sustainability are increasingly prioritized, not only from an economic perspective but also from environmental and social viewpoints.

Moreover, the use of system dynamics in the productive chains of the food industry promotes operational and strategic resilience. The ability to simulate different scenarios allows companies to anticipate and better prepare for potential crises, such as supply chain disruptions, market fluctuations, or natural disasters. For example, the COVID-19 pandemic demonstrated the importance of having systems that can adapt and manage external crises. Thus, system dynamics offer managers the possibility to test mitigation and recovery strategies in a virtual environment before implementing them, thereby reducing risks and costs that might arise from their real-world implementation.

The use of system dynamics within the production chains of the food industry enables managers not only to respond to current issues but also to explore opportunities for innovation and long-term growth. The capability to model complex dynamics helps to better understand how decisions in one area of the chain can affect other areas, facilitating more coherent planning aligned with the corporate and sustainable objectives of the company. The integration of multidisciplinary



perspectives, as recommended in the study findings, also enriches the management of decision-makers along the production chains. By incorporating insights from economics, ecology, and social sciences, among others, managers can develop more robust strategies that take into account not only economic aspects but also social well-being and environmental impact. This is crucial in a world where consumers and regulators increasingly demand social and environmental responsibility from companies.

The lessons from this mapping suggest to business leaders in the food industry how decision-making can be improved by using models that allow simulation; however, the implementation of system dynamics as a management tool requires investment in training and skill development within companies. Leaders must ensure that their teams are equipped with the knowledge and skills necessary to use these tools effectively. This may include training in modelling and simulation, systems analysis, and critical thinking, as well as developing an organisational culture that values experimentation and continuous learning.

Finally, while system dynamics offer numerous advantages, it is also important to recognize the challenges associated with their implementation. It requires extensive data collection and analysis over time, as well as constant updating of the models to reflect changes in the operating and market environment. Additionally, the models are simplifications of reality and may not fully capture all the variables and dynamics involved, which could lead to suboptimal decisions if not carefully managed.



## 5. CONCLUSIONS

The research in system dynamics applied to food production chains has shown sustained growth in academic and practical interest, with a significant geographical diversity in contributions. This increase reflects the global relevance of this approach for addressing complex challenges in food production. However, the variability in the number of publications year on year suggests a need for greater consistency and focus in research. One of the most significant findings from these studies is the importance of sustainability and efficiency in production chains. Aspects such as social co-governance, efficient resource management, and environmental impact reduction have been identified as crucial. System dynamics modeling has proven effective in evaluating and improving these dimensions, highlighting the importance of holistic and integrated approaches in supply chain management.

The interconnection between systems such as water, energy, and food has also been a focus of study, demonstrating the need for an integrated approach to their management. System dynamics allow for the analysis of complex interactions between these subsystems and the cross-impacts of policies, which is essential for sustainable development. In terms of decision-making, system dynamics models have provided valuable insights into the food industry, from process optimization to policy analysis, proving to be effective tools for addressing complex challenges, improving efficiency, and anticipating the consequences of strategic decisions. The studies also reveal the complexity of the global food system, with changes in diets, the importance of food trade, and food security. System dynamics offer a way to understand these complexities and contribute to global food security through detailed analysis.

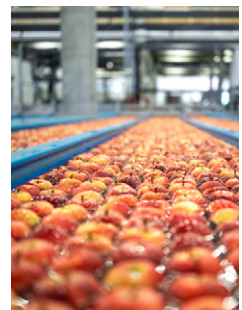
For future research directions, there is a need to expand the methodology to a broader variety of problems within food production chains and integrate multidisciplinary perspectives. This would allow for a deeper understanding of the interactions between different systems and the influence of external factors, such as climate change and economic policies.

Finally, it must be recognized that the main limitation of this review article is that the consultation was conducted in only one database. While SCOPUS as a database is recognized by the academic community, including other databases would allow expanding the sample size of documents and thus offer a more complete view of the use of system dynamics in food production chains. Dependence on a single source can lead to biases in the selection of studies and beyond, in the trends identified in the mapping.



## REFERENCES

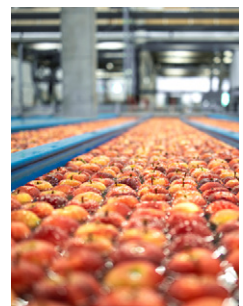
- Agudelo, D. A., & López, Y. M. (2018). Dinámica de sistemas en la gestión de inventarios. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 75–85. <https://doi.org/10.21500/20275846.3305>
- Alzubi, E., Shbikat, N., & Noche, B. (2023). A system dynamics model to improving sustainable performance of the citrus farmers in Jordan Valley. *Cleaner Production Letters*, 4, 100034. <https://doi.org/10.1016/j.clpl.2023.100034>
- Anastasiadis, F., Tsolakis, N., & Srai, J. (2018). Digital Technologies Towards Resource Efficiency in the Agrifood Sector: Key Challenges in Developing Countries. *Sustainability*, 10(12), 4850. <https://doi.org/10.3390/su10124850>
- Aprillya, M. R., & Suryani, E. (2023). Simulation of System Dynamics for Improving The Quality of Paddy Production in Supporting Food Security. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, 9(1), 38–46. <https://doi.org/10.20473/jisebi.9.1.38-46>
- Bala, B. K., Arshad, F. M., & Noh, K. M. (2017). *System Dynamics*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-2045-2>
- Cambra, J., & Vázquez, R. (2010). Inés Rosales: El reto de internacionalizar la actividad de una PYME es posible. *UCJC Business and Society Review (formerly Known As Universia Business Review)*, 4(28). <https://journals.ucjc.edu/ubr/article/view/763>
- Campbell, F., Tricco, A. C., Munn, Z., Pollock, D., Saran, A., Sutton, A., White, H., & Khalil, H. (2023). Mapping reviews, scoping reviews, and evidence and gap maps (EGMs): the same but different—the “Big Picture” review family. *Systematic Reviews*, 12(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02178-5>
- Cheng, G., Ning, J., Ahmed, S., Huang, J., Ullah, R., An, B., Hao, H., Dai, M., Huang, L., Wang, X., & Yuan, Z. (2019). Selection and dissemination of antimicrobial resistance in Agri-food production. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 8(1), 158. <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0623-2>
- Dabbene, F., Gay, P., & Tortia, C. (2014). Traceability issues in food supply chain management: A review. *Biosystems Engineering*, 120, 65–80. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.09.006>
- Demartini, M., Tonelli, F., & Govindan, K. (2022). An investigation into modelling approaches for industrial symbiosis: A literature review and research agenda. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 3, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100020>
- Dizyee, K., Baker, D., & Rich, K. M. (2017). A quantitative value chain analysis of policy options for the beef sector in Botswana. *Agricultural Systems*, 156, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.05.007>
- Flandro, C. S., & Petras, M. (2005). Model predictive controllers improve temperature control for scraped surface heat exchangers. *Technical Papers of ISA*, 459, 169–180.
- Fontoura, W. B., & Ribeiro, G. M. (2021). System Dynamics for Sustainable Transportation Policies: A Systematic Literature Review. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 13, e20200259. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20200259>
- García, J., Prado, C., & Mejías, A. (2011). El desarrollo de la función logística en la industria alimentaria y textil moda de España. *UCJC Business and Society Review (formerly Known As Universia Business Review)*, 3(31). <https://journals.ucjc.edu/ubr/article/view/800>
- García-Oliveira, P., Fraga-Corral, M., Pereira, A. G., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2022). Solutions for the sustainability of the food production and consumption system. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(7), 1765–1781. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1847028>
- Gebre, K. T., Wurzinger, M., Gizaw, S., Haile, A., Rischkowsky, B., & Sölkner, J. (2020). Evaluation of increased feed supply and different fattening strategies for an Ethiopian sheep population by system dynamics modelling. *Animal Production Science*, 60(17), 2050. <https://doi.org/10.1071/AN19546>
- Grisales, N. M., & Restrepo, I. A. M. (2015). modelo para gestionar el conocimiento en el sector textil de Medellín, empleando dinámica de sistemas. *Semestre Económico*, 18(38), 161–190. <https://doi.org/10.22395/seec.v18n38a6>
- Guzman, A., Barragán, S., Cosenz, F., & Cala-Vitery, F. (2023). Prevention and Mitigation of Rural Higher Education Dropout in Colombia: A Dynamic Performance Management Approach. [version 2; peer review: 2 approved]. *F1000Research*, 12, 497 <https://doi.org/10.12688/f1000research.132267.2>



- Jagustović, R., Zougmoré, R. B., Kessler, A., Ritsema, C. J., Keesstra, S., & Reynolds, M. (2019). Contribution of systems thinking and complex adaptive system attributes to sustainable food production: Example from a climate-smart village. *Agricultural Systems*, 171, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.12.008>
- Kazançoğlu, Y., Ekinçi, E., Mangla, S. K., Sezer, M. D., Choudhary, S., & Dora, M. (2023). Smart Closed-Loop Food Supply Chain in Circular Economy. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–18. <https://doi.org/10.1109/TEM.2023.3303272>
- Khalil, H., & Tricco, A. C. (2022). Differentiating between mapping reviews and scoping reviews in the evidence synthesis ecosystem. *Journal of Clinical Epidemiology*, 149, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2022.05.012>
- Konrad, R. A., Saeed, K., Kammer-Kerwick, M., Busaranuvong, P., & Khumwang, W. (2023). “Fish-y” banks: Using system dynamics to evaluate policy interventions for reducing labor exploitation in the seafood industry. *Socio-Economic Planning Sciences*, 90, 101731. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101731>
- Kopainsky, B., Frehner, A., & Müller, A. (2020). Sustainable and healthy diets: Synergies and trade-offs in Switzerland. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(6), 908–927. <https://doi.org/10.1002/sres.2761>
- Minegishi, S., & Thiel, D. (2000). System dynamics modeling and simulation of a particular food supply chain. *Simulation Practice and Theory*, 8(5), 321–339. [https://doi.org/10.1016/S0928-4869\(00\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0928-4869(00)00026-4)
- Morecroft, J. D. W. (2007). *Strategic modelling and business dynamics: A feedback systems approach*. John Wiley & Sons.
- Mu, J., & Zhu, Q. (2023). Social co-governance for sustainable brand in food industry: dynamic evolutionary game among multiple stakeholders. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 19(10), 7245–7266. <https://doi.org/10.3934/jimo.2022261>
- Perdana, T., Onggo, B. S., Sadeli, A. H., Chaerani, D., Achmad, A. L. H., Hermiatin, F. R., & Gong, Y. (2022). Food supply chain management in disaster events: A systematic literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 79, 103183. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103183>
- Porkka, M., Kumm, M., Siebert, S., & Varis, O. (2013). From Food Insufficiency towards Trade Dependency: A Historical Analysis of Global Food Availability. *PLoS ONE*, 8(12), e82714. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082714>
- Sadraei, R., Biancone, P., Lanzalonga, F., Jafari-Sadeghi, V., & Chmet, F. (2023). How to increase sustainable production in the food sector? Mapping industrial and business strategies and providing future research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 32(4), 2209–2228. <https://doi.org/10.1002/bse.3244>
- Song, S., Hou, Y., Lim, R. B. H., Gaw, L. Y. F., Richards, D. R., & Tan, H. T. W. (2022). Comparison of vegetable production, resource-use efficiency and environmental performance of high-technology and conventional farming systems for urban agriculture in the tropical city of Singapore. *Science of The Total Environment*, 807, 150621. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150621>
- Suryani, E., Hendrawan, R. A., Muhandhis, I., & Puspa, L. (2016). Dynamic simulation model of beef supply chain to fulfill national demand. *Jurnal Teknologi*, 78(9). <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9609>
- Tan, C., Erfani, T., & Erfani, R. (2017). Water for Energy and Food: A System Modelling Approach for Blue Nile River Basin. *Environments*, 4(1), 15. <https://doi.org/10.3390/environments4010015>
- Thiel, D., Le Hoa Vo, T., & Hovelaque, V. (2014). Forecasts impacts on sanitary risk during a crisis: a case study. *The International Journal of Logistics Management*, 25(2), 358–378. <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2012-0028>
- Tinsley, T. L., Chumbley, S., Mathis, C., Machen, R., & Turner, B. L. (2019). Managing cow herd dynamics in environments of limited forage productivity and livestock marketing channels: An application to semi-arid Pacific Island beef production using system dynamics. *Agricultural Systems*, 173, 78–93. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.014>
- Tonnang, H. E. Z., Sokame, B. M., Wamalwa, M., Niassy, S., & Muriithi, B. W. (2023). System Dynamics Modeling for Assessing the Impact of COVID-19 on Food Supply Chains: A Case Study of Kenya and Rwanda. *Sustainability*, 15(6), 4717. <https://doi.org/10.3390/su15064717>
- Toussaint, B., Raffael, B., Angers-Loustau, A., Gilliland, D., Kestens, V., Petrillo, M., Rio-Echevarria, I. M., & Van Den Eede, G. (2019). Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(5), 639–673. <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1583381>



- van Raamsdonk, L. W. D., van der Zande, M., Koelmans, A. A., Hoogenboom, R. L. A. P., Peters, R. J. B., Groot, M. J., Peijnenburg, A. A. C. M., & Weesepeel, Y. J. A. (2020). Current Insights into Monitoring, Bioaccumulation, and Potential Health Effects of Microplastics Present in the Food Chain. *Foods*, 9(1), 72. <https://doi.org/10.3390/foods9010072>
- Wang, X., Dong, Z., & Sušnik, J. (2023). System dynamics modelling to simulate regional water-energy-food nexus combined with the society-economy-environment system in Hunan Province, China. *Science of The Total Environment*, 863, 160993. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160993>
- Wu, L., Elshorbagy, A., Pande, S., & Zhuo, L. (2021). Trade-offs and synergies in the water-energy-food nexus: The case of Saskatchewan, Canada. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105192. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105192>
- Zhang, Y., Wan, P., Ma, G., & Pereira Uñate, P. A. (2023). Price, internet penetration and green food industry development: Based on the interaction between demand and supply. *PLOS ONE*, 18(9), e0289843. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289843>
- Zhong, R., Xu, X., & Wang, L. (2017). Food supply chain management: systems, implementations, and future research. *Industrial Management & Data Systems*, 117(9), 2085–2114. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2016-0391>





**Marcela Guzmán Rincón**

Escuela de Ciencias  
Económicas y  
Administrativas,  
Corporación Universitaria  
de Asturias, Colombia  
✉ marcela.guzman@  
asturias.edu.co

# Modelado de Cadenas de Producción en la Industria Alimentaria desde la Perspectiva de la Dinámica de Sistemas para la Toma de Decisiones: Una Revisión de Mapeo

## Modeling of Production Chains in the Food Industry from the Perspective of System Dynamics for Decision Making: A Mapping Review



**Alfredo Guzmán Rincón**

Escuela de Ciencias  
Económicas y  
Administrativas,  
Corporación Universitaria  
de Asturias, Colombia.  
✉ alfredo.guzman@  
asturias.edu.co

### I. INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos se considera el pilar fundamental para el desarrollo social y económico de las naciones (Alzubi et al., 2023). En este contexto, se reconoce que las cadenas de producción de alimentos enfrentan desafíos significativos debido a la creciente demanda de estos productos (Sadraei et al., 2023), así como su susceptibilidad a factores externos (Tonngang et al., 2023) como pandemias, disturbios sociales, interrupciones en la cadena de suministro, entre otros. En particular, la pandemia de COVID-19 tuvo un impacto significativo y negativo en las cadenas de producción de alimentos (Tonngang et al., 2023), destacando la necesidad de analizar cómo estos factores externos afectan la producción de alimentos desde una perspectiva sistémica (Zhang et al., 2023; Cambra & Vázquez, 2010).

En este entorno, es crucial entender que la producción de alimentos no es un sistema aislado (Perdana et al., 2022; Zhong et al., 2017;



### RESUMEN DEL ARTÍCULO

La producción de alimentos es un pilar para el desarrollo social y económico de las naciones. Así, se reconoce que las cadenas productivas de alimentos se enfrentan a importantes desafíos debido a la demanda creciente y factores externos que las pueden afectar. Dicho esto, se reconoce que la producción de alimentos no es un sistema aislado, sino por el contrario es interconectado y altamente complejo, por lo que la dinámica de sistemas como método de modelado ha ganado reconocimiento en el ámbito académico y empresarial debido a su capacidad para modelar sistemas y facilitar la toma de decisiones en lo que respecta en la producción de alimentos. Dado este reconocimiento, el objetivo de este artículo fue identificar y analizar las tendencias de investigación en el modelado de las cadenas productivas alimentarias mediante la dinámica de sistemas, con un enfoque particular en la toma de decisiones. Para el cumplimiento de este objetivo se desarrolló una revisión de mapeo, a partir de la búsqueda y selección de la base de datos SCOPUS. En total la búsqueda y aplicación de los criterios de exclusión generó una muestra de 38 documentos. Los resultados revelaron la tendencia creciente de la cantidad de documentos publicados por años y la notable diversidad geográfica de las investigaciones. Igualmente, se identificaron tres agrupaciones predominantes de la literatura: 1) sostenibilidad y eficiencia de los recursos de las cadenas de suministro, 2) interacción entre los sistemas de agua, energía y alimentos, y 3) aplicación de la dinámica de sistemas a la industria alimentaria. La revisión de mapeo identificó la necesidad de expandir la metodología a una variedad más amplia de problemas dentro de las cadenas productivas de alimentos y la integración de perspectivas multidisciplinarias. Esto permitiría una comprensión más profunda de las interacciones entre diferentes sistemas y la influencia de factores externos.

### EXECUTIVE SUMMARY

Food production is a cornerstone for the social and economic development of nations. Hence, it is acknowledged that food production chains face significant challenges due to increasing demand and external factors that can impact them. It is recognized that food production is not an isolated system but somewhat interconnected and highly complex. Therefore, system dynamics as a modeling method has gained recognition in academic and business circles for its ability to model systems and facilitate decision-making in food production. Given this recognition, this article aimed to identify and analyze research trends in modeling food production chains through system dynamics, with a particular focus on decision making. A mapping review was conducted to achieve this objective based on the search and selection from the SCOPUS database. The search and application of exclusion criteria yielded a sample of 38 documents. The results revealed an increasing trend in the number of documents published per year and the notable geographical diversity of the research. Three predominant groupings of the literature were identified: 1) sustainability and resource efficiency of supply chains, 2) interaction between water, energy, and food systems, and 3) application of system dynamics to the food industry. The mapping review identified the need to expand the methodology to a broader variety of problems within food production chains and the integration of multidisciplinary perspectives. This would allow a deeper understanding of the interactions between different systems and the influence of external factors.

Dabbene et al., 2014), sino un sistema complejo y altamente interconectado (Demartini et al., 2022; Jagustović et al., 2019; Agudelo & López, 2018; Suryani et al., 2016; Minegishi & Thiel, 2000) que involucra a agricultores, productores, distribuidores, minoristas, consumidores, así como factores ambientales, económicos y sociales (Tonnang et al., 2023). Dada la complejidad y las numerosas interacciones entre actores y factores en las cadenas de producción de la industria alimentaria, la dinámica de sistemas emerge como una alternativa para modelar, analizar y optimizar estas cadenas complejas (Tinsley et al., 2019).

La dinámica de sistemas como método de modelado facilita la identificación de variables críticas, la comprensión de las relaciones causales y la simulación de diferentes escenarios (Bala et al., 2017). Su uso en cadenas de producción de alimentos permite anticipar los impactos de posibles perturbaciones o cambios en el sistema, como pandemias, disturbios sociales o interrupciones en la cadena de suministro (Tonnang et al., 2023). En consecuencia, la dinámica de sistemas ha ganado reconocimiento en ambientes académicos y empresariales debido a su capacidad para modelar sistemas y facilitar la toma de decisiones, lo que ha llevado a un creciente interés en utilizar este método para explicar fenómenos en cadenas de producción de alimentos (Aprillya & Suryani, 2023; Demartini et al., 2022; Gebre et al., 2020; Dizyee et al., 2017; Grisales & Restrepo, 2015; García et al., 2011; Minegishi & Thiel, 2000). Esto es posible porque los modelos de dinámica de sistemas y simulan el comportamiento variable a lo largo del tiempo (Bala et al., 2017; Guzmán et al., 2023).

A pesar de lo anterior, es crucial enfatizar la notable falta de revisiones de literatura que aborden de manera comprensiva y específica la aplicación de la dinámica de sistemas en cadenas de producción de alimentos. Esta brecha en la literatura científica se debe en parte a que estudios previos se han centrado en analizar problemas específicos dentro de las cadenas de producción de alimentos en lugar de explorar métodos de modelado y simulación como herramientas estratégicas para la toma de decisiones. Por ejemplo, la revisión de García-Oliveira et al. (2022) arrojó luz sobre problemas críticos actuales, como la destrucción de ecosistemas terrestres, la sobrepesca y la producción masiva de residuos. Cheng et al. (2019) se centraron en consolidar información sobre la resistencia a los antimicrobianos

dentro de las cadenas de producción agroalimentaria. Van Raamdonk et al. (2020) investigaron las repercusiones asociadas con los microplásticos en la producción de alimentos, un tema también estudiado por Toussaint et al. (2019). Si bien estas revisiones son fundamentales para entender los problemas existentes de las cadenas de producción de alimentos, incluir la dinámica de sistemas como enfoque de modelado podría enriquecer significativamente el análisis y la resolución de problemas en cadenas de producción de alimentos, permitiendo una evaluación integral y dinámica que considere interacciones complejas y comportamiento emergente a lo largo del tiempo.

Este mapeo de literatura tuvo como objetivo identificar y analizar tendencias de investigación en el modelado de cadenas de producción de alimentos mediante la dinámica de sistemas, con un enfoque particular en la toma de decisiones. En línea con el objetivo de investigación, se propusieron las siguientes preguntas a resolver:

RQ1: ¿Cuál ha sido la evolución de las publicaciones sobre dinámica de sistemas en cadenas de producción de alimentos, y cómo se relacionan estas tendencias bibliométricas con los cambios temáticos?

RQ2: ¿Cómo se ha utilizado el modelado de dinámica de sistemas en el estudio de cadenas de producción de alimentos, y qué resultados han mostrado los modelos en la toma de decisiones?

Al responder a las preguntas de investigación, se espera fortalecer y ampliar el conocimiento existente sobre la aplicación de la dinámica de sistemas en la industria alimentaria y descubrir y delinear áreas donde la investigación actual es limitada o inexistente. En consecuencia, se busca fomentar el desarrollo de nuevas líneas de investigación que puedan cerrar estas brechas y, en última instancia, contribuir a crear cadenas de producción más resilientes y eficientes. Además, este mapeo propone una visión integrada que muestra tendencias en literatura y campos de investigación, sintetiza hallazgos clave y recomienda direcciones estratégicas para futuras investigaciones. Al hacerlo, tiene como objetivo facilitar una mejor comprensión de la complejidad inherente de las cadenas de producción de alimentos y mejorar la capacidad de los actores de la industria y los formuladores de políticas para anticipar y mitigar los impactos de las perturbaciones externas (ambientales, económicas y sociales) en el sistema alimentario mundial, así como las consecuencias de sus decisiones estratégicas, tácticas y operativas sobre las variables involucradas en cada una de las cadenas de producción de alimentos.

#### **PALABRAS CLAVE**

Cadenas productivas, alimentos, industria alimenticia, dinámica de sistemas.

#### **KEYWORDS**

Production Chains, Food, Food Industry, System Dynamics.

Este artículo está estructurado en cuatro secciones. La primera presenta la metodología; la segunda muestra los resultados del mapeo de literatura, así como los hallazgos en los documentos revisados en este mapeo; la tercera describe la implicación para la gestión; y la cuarta presenta las conclusiones.

## 2. METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo de este estudio, se desarrolló una revisión de mapeo, definida como un enfoque transparente, riguroso y sistemático para identificar, describir y catalogar las evidencias y brechas de conocimiento en un área temática (Campbell et al., 2023). Dichas revisiones se dividen en dos secciones principales. La primera corresponde a la visualización gráfica de metadatos de artículos y datos extraídos de bases de datos para identificar tendencias como las revistas más citadas, los temas más estudiados y la colaboración entre autores y países. Esta visualización ayuda a discernir patrones y agrupaciones dentro de la literatura, permitiendo a los investigadores detectar áreas que han sido extensamente exploradas y aquellas que aún requieren investigación (Khalil & Tricco, 2022). La segunda sección se enfoca en la síntesis cualitativa de la información recopilada, que incluye la extracción y agregación de datos para identificar conceptos centrales, teorías predominantes, métodos de investigación comunes y hallazgos de investigación significativos (Khalil & Tricco, 2022).

Para la recolección de fuentes de estudio relevantes, se eligió la base de datos SCOPUS por su colección extensa y variada de publicaciones y su rigor en la curación de contenido (Schotten et al., 2017). SCOPUS se distingue por cubrir un amplio espectro de disciplinas y facilitar la inclusión de estudios de áreas diversas como tecnología, salud, humanidades y ciencias sociales, todas relevantes para las cadenas de producción de alimentos. Para este estudio, se incluyeron en la revisión documentos revisados por pares que se centraron en cadenas de producción de alimentos y utilizaron la dinámica de sistemas como el método principal. Los documentos seleccionados debían desarrollar modelos de simulación para considerar cómo se han utilizado los modelos y los resultados obtenidos de las simulaciones. Solo se incluyeron documentos escritos en inglés o español. Asimismo, no se incluyeron revisiones de literatura.

En total, se obtuvieron 40 artículos después de revisar los criterios



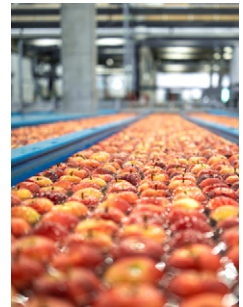
de exclusión. A continuación se muestra la ecuación de búsqueda utilizada.

("System Dynamic\*") AND (production OR manufactur\* OR produc\* OR fabrication) AND ("food industry")

La selección de estudios primarios se llevó a cabo siguiendo un proceso meticuloso y sistemático para asegurar la relevancia y calidad de la información incluida en la investigación. En este sentido, se comenzó con la lectura de los títulos, resúmenes y palabras clave de todos los estudios identificados en la búsqueda inicial en SCOPUS. Esto se hizo con la intención de descartar aquellos estudios que claramente no cumplieran con los criterios de inclusión establecidos, como aquellos fuera del ámbito temático del estudio o irrelevantes para los objetivos de la investigación. Posteriormente, se realizó una lectura detallada donde se efectuó una lectura completa de los documentos para consolidar la muestra de estudio.

Se siguió un procedimiento detallado y estructurado para extraer y clasificar datos de los artículos seleccionados. Este proceso se llevó a cabo para asegurar coherencia y precisión en el análisis de la información. Para la RQ1, se descargaron los metadatos de los artículos disponibles en la base de datos de SCOPUS. Para la RQ2, se diseñó una herramienta de extracción de datos, basada en una hoja de cálculo, que permitió registrar información relevante de cada artículo. Esta herramienta incluyó los siguientes datos: título del artículo, autores, año de publicación, título de la publicación, cuartil de categorización de SCOPUS (solo para revistas), objetivos del estudio, metodología utilizada, resultados clave y conclusiones.

Para el análisis de la información, se utilizaron técnicas tanto cuantitativas como cualitativas para responder a las preguntas de la revisión. Así, para la RQ1, se realizó un análisis de tendencias bibliométricas utilizando los metadatos recopilados. En este primer análisis, se identificaron tendencias como la evolución temporal de las publicaciones, los países con el mayor número de publicaciones y las clasificaciones de las revistas, entre otras. Además, se utilizaron herramientas de visualización de datos como mapas de colaboración y gráficos de tendencias para representar visualmente las relaciones y patrones identificados en el análisis bibliométrico. Para la RQ2, se utilizó una síntesis inductiva de los datos registrados en la hoja de cálculo.



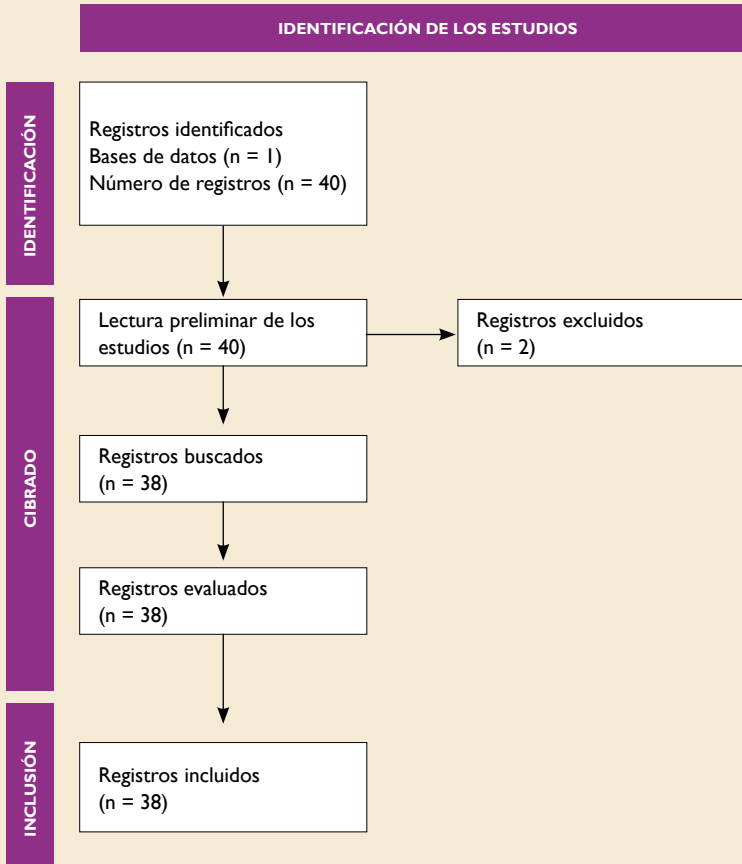
### 3. RESULTADOS

En la ejecución de la metodología, como se muestra en la **Figura 1**, se presenta el proceso de selección del estudio. La búsqueda realizada en SCOPUS arrojó un total de 40 documentos, de los cuales dos fueron excluidos por ser revisiones. Tras la fase de lectura de texto completo, la muestra comprendió 38 documentos.

Tabla 1. **Categorización de los documentos**

TIPO DE DOCUMENTO	CANTIDAD
Artículos	31
Ponencias de Congreso	5
Libro	1
Capítulo de Libro	1

Figura 1. **PRISMA 2020 diagrama de Flujo. Adaptado de: Page et al. (2021)**



### 3.1. RQ1: ¿Cuál ha sido la evolución de las publicaciones sobre dinámica de sistemas en cadenas de producción de alimentos, y cómo se relacionan estas tendencias bibliométricas con los cambios temáticos?

Entre los 38 documentos seleccionados, se observó una tendencia general al aumento en el número de publicaciones a lo largo de los años, lo que sugiere un interés creciente en la aplicación de la dinámica de sistemas en las cadenas de producción de alimentos. Sin embargo, se reconoce que hay fluctuaciones en el número de publicaciones de un año a otro. El año con más publicaciones fue 2023, con un total de seis, seguido por 2018, 2021 y 2022 con cinco cada uno. La **Figura 2** presenta la evolución de las publicaciones por año. Además, diversas fuentes de publicación indican que la investigación en dinámica de sistemas aplicada a las cadenas de producción de alimentos se difunde a través de múltiples canales académicos. Las revistas con el mayor número de publicaciones son Science of the Total Environment (n = 5), PloS ONE (n = 5) y Resources, Conservation and Recycling (n = 3), con un total de 29 fuentes de publicación únicas identificadas. La **Figura 3** muestra las fuentes de publicación más frecuentes.

Figura 2. Publicaciones por año

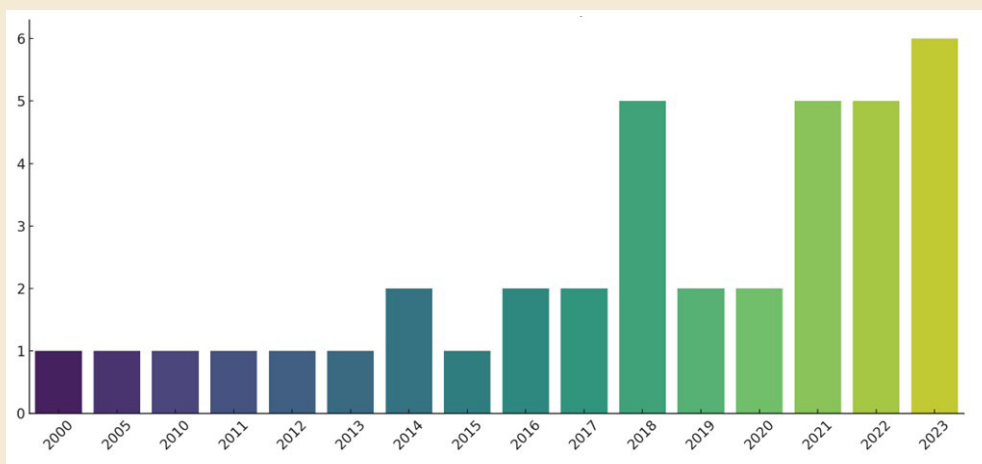
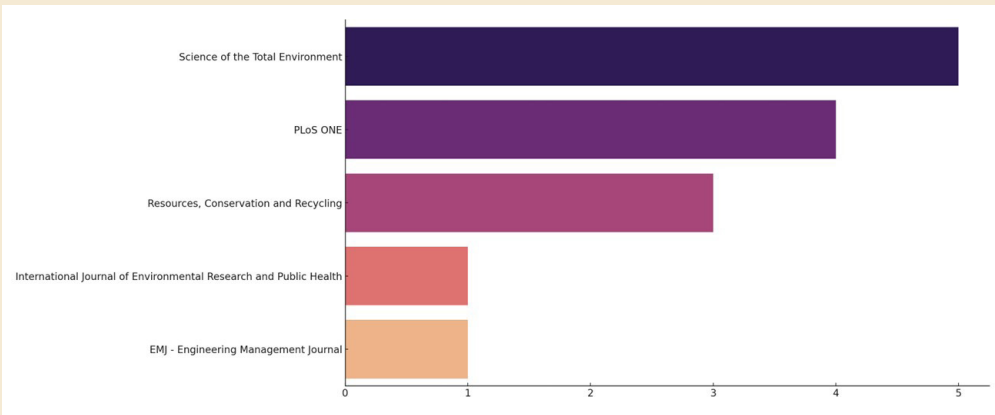


Figura 3. Clasificación de las fuentes de publicación más frecuentes



Se observa una considerable diversidad geográfica proveniente de los países de origen de las afiliaciones de los autores de los 38 documentos, con contribuciones de múltiples continentes. Sin embargo, los países con más investigadores dedicados al estudio de las cadenas de producción de alimentos mediante modelado de dinámica de sistemas son el Reino Unido, China, Estados Unidos y Canadá. En el caso del Reino Unido, el número total de publicaciones es seis; China, Estados Unidos y Canadá han publicado cuatro artículos cada uno. Alemania, Países Bajos y Francia también han logrado publicar cuatro artículos cada uno. Con dos publicaciones cada uno están India y Bélgica. Finalmente, Nueva Zelanda, Rusia, Indonesia, Colombia, Tailandia y Suiza han contribuido con una publicación cada uno. Respecto al análisis de co-ocurrencia de las palabras clave, se detectaron doce conglomerados o agrupaciones de palabras clave (ver **Figura 4**), con tres agrupaciones predominantes. La primera se caracteriza por una concentración de temas relacionados con la sostenibilidad y la eficiencia de recursos en las cadenas de suministro de alimentos. Palabras clave como dinámica de sistemas, cadenas de suministro de alimentos y nivel de sostenibilidad indican un enfoque en modelar la dinámica de sistemas para mejorar la gestión y sostenibilidad de estas cadenas. Este conglomerado resalta la importancia de integrar la evaluación de la calidad del agua y la energía en la producción de alimentos, apuntando hacia un enfoque holístico de la gestión de recursos. La segunda aborda la interacción entre los sistemas de agua, energía y alimentos, evidenciada por términos como



ción eficiente y el análisis de políticas en la producción y distribución de alimentos. Indica una tendencia hacia la adopción de enfoques de modelado avanzados para abordar desafíos complejos en la industria alimentaria, desde la producción hasta la distribución. Los otros conglomerados (nueve) asociaron palabras clave específicas relacionadas con aspectos más detallados o técnicos de la dinámica de sistemas y las cadenas de producción de alimentos, como métodos de modelado específicos, aplicaciones en subsectores particulares de la industria alimentaria o enfoques centrados en problemas locales o regionales.

### 3.2. RQ2: ¿Cómo se ha utilizado la modelación de dinámica de sistemas en el estudio de cadenas de producción de alimentos y qué resultados han mostrado los modelos en la toma de decisiones?

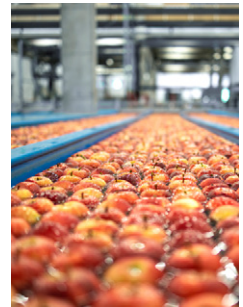
Siguiendo la estructura obtenida de la red de co-ocurrencia de palabras clave, la respuesta a esta pregunta de investigación se presenta utilizando los tres principales conglomerados identificados. En relación con el conglomerado de sostenibilidad y eficiencia, los estudios se han centrado en la importancia de la cogobernanza social en la construcción de marcas sostenibles en la cadena agroalimentaria. Por ejemplo, el estudio de Mu y Zhu (2023) destacó cómo la cogobernanza social es crucial para el desarrollo de marcas sostenibles. Además, Kazançoğlu et al. (2023) enfatizaron la relevancia de un enfoque de pensamiento sistémico que integra la cooperación vertical y horizontal en las cadenas de producción. Este enfoque se ha considerado esencial para incluir a los consumidores y mejorar la gobernanza social, lo que a su vez puede aumentar la sostenibilidad de las marcas en la producción de alimentos (Anastasiadis et al., 2018; Kopainsky et al., 2020).

El estudio de Kazançoğlu et al. (2023) propuso un innovador marco de Triple Resultado (TBL) utilizado para identificar métricas clave en las dimensiones ambientales, sociales y económicas de sostenibilidad en las cadenas de producción de alimentos dentro del contexto de economía circular. Mediante la modelación de dinámica de sistemas, el estudio reveló cómo las métricas ambientales, sociales y económicas apoyan simultáneamente múltiples dimensiones de sostenibilidad. En particular, destaca que la pérdida de alimentos impacta significativamente en varias dimensiones de sostenibilidad (Kazançoğlu et al., 2023). Otros trabajos han utilizado la dinámica de



sistemas para comparar diferentes sistemas de agricultura urbana en términos de producción de vegetales, uso de agua y energía, y potencial de calentamiento global. El estudio de Song et al. (2022) predijo que la agricultura vertical con iluminación natural sería el sistema de producción de alimentos más eficiente para Singapur. Esto se debe a que tal producción de alimentos ofrece el mayor nivel de autosuficiencia del sistema, uso reducido de recursos e impacto ambiental más bajo, enfatizando la viabilidad y eficiencia de los sistemas de agricultura urbana en contextos de ciudades tropicales (Song et al., 2022). En cuanto al impacto de la gestión de residuos en las cadenas de producción de alimentos sobre la sostenibilidad, los trabajos de Kazańçođlu et al. (2023) y Anastasiadis et al. (2018) enfatizaron cómo las prácticas de gestión de residuos pueden llevar a mejoras notables en la eficiencia de recursos y la reducción del impacto ambiental. Este enfoque integral demuestra la importancia de considerar la gestión de residuos como un componente clave en el desarrollo de cadenas de suministro sostenibles (Kazańçođlu et al., 2023; Anastasiadis et al., 2018).

En el caso del segundo conglomerado, el enfoque Nexus se ha utilizado para analizar la evolución dinámica del nexo agua-energía-alimentos. Incorporando sistemas de sociedad, economía y medio ambiente, y el nexo agua-energía-alimentos, el modelo de dinámica de sistemas desarrollado por Wang et al. (2023) reveló que mientras Hunan mantiene suficiente producción de granos y autosuficiencia de recursos hídricos, la seguridad energética sigue siendo un desafío. Este análisis demostró la necesidad de considerar las interacciones entre diferentes subsistemas y los impactos cruzados de las políticas para alcanzar el desarrollo sostenible del nexo agua-energía-alimentos (Wang et al., 2023). En esta misma línea, otros estudios han abordado el impacto del cambio climático en el nexo agua-energía-alimentos. A través del análisis de escenarios futuros, el estudio de Wu et al. (2021) identificó posibles repercusiones del cambio climático en la disponibilidad y gestión de recursos de agua, energía y alimentos. En contraste, Kazańçođlu et al. (2023) destacaron cómo la adopción de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y los sistemas de información geográfica pueden optimizar la gestión de recursos y mejorar la eficiencia en el uso del agua y la energía. Porkka et al. (2013) examinaron la dinámica global del sistema alimentario y su relación con la seguridad alimentaria. Su análisis mostró un cambio significativo en la composición dietética global, con



un aumento en el consumo de alimentos de origen animal. Aunque el suministro global de alimentos ha aumentado, la autosuficiencia alimentaria no ha experimentado cambios notables, destacando la creciente importancia del comercio de alimentos para compensar las deficiencias de producción doméstica. Este estudio subrayó la complejidad de la seguridad alimentaria global y la necesidad de entender las interacciones entre producción, comercio y consumo (Porkka et al., 2013). En línea con la autosuficiencia, la gobernanza de la seguridad alimentaria en modelos de simulación ha revelado que, aunque diversos modelos se han utilizado para evaluar el impacto de medidas de gobernanza como reservas estratégicas y regulaciones comerciales, existen puntos ciegos significativos en la simulación de medidas nodales. Estudios como el de Tan et al. (2017) destacaron la necesidad de abordar los indicadores de seguridad alimentaria como un punto ciego en los estudios.

En cuanto al tercer conglomerado que se centra en el uso de la dinámica de sistemas en cadenas de producción para la toma de decisiones, la investigación de Flandro y Petras (2005) buscó determinar la eficacia del control predictivo basado en modelos, especialmente en situaciones de baja tasa de flujo o alta viscosidad de fluidos. Este enfoque avanzado de control de temperatura ha sido crucial para mantener la calidad del producto y optimizar los procesos de producción (Flandro & Petras, 2005). En este mismo grupo, el trabajo de Konrad et al. (2023) propuso un enfoque integrado que combina ciencias naturales y sociales para abordar la dinámica de los sistemas socioecológicos, destacando la importancia de entender las interacciones entre la pesca, la productividad del ecosistema y la biodiversidad acuática en comunidades costeras (Konrad et al., 2023).

Otro ejemplo de aplicación de la dinámica de sistemas ocurrió en Francia durante una crisis de influenza aviar, donde se modelaron variaciones de demanda para gestionar stocks y compras externas. El modelo propuesto por Thiel et al. (2014) comparó métodos tradicionales de pronóstico con un modelo de difusión de boca a boca, revelando la complejidad de la relación entre el riesgo sanitario y las compras externas adicionales (Thiel et al., 2014).

#### 4. IMPLICACIONES PARA LA GESTIÓN

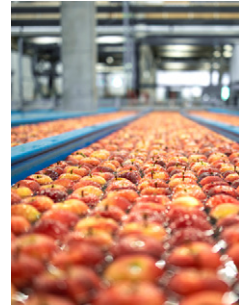
La aplicación de la dinámica de sistemas en las cadenas de producción de la industria alimentaria representa una oportunidad para la



transformación en términos de gestión y operación. A lo largo del artículo, se evidenció que la literatura no solo aborda desafíos técnicos y operativos, sino que también redefine la gestión estratégica, ofreciendo a los líderes empresariales herramientas robustas para una toma de decisiones más informada y efectiva. Con esto en mente, la dinámica de sistemas facilita una visión integral de las cadenas de suministro, lo cual es crucial para la gestión efectiva de recursos y la optimización de procesos. Al modelar las interacciones complejas entre varios elementos de la cadena, desde la producción hasta el consumo, los gerentes pueden identificar cuellos de botella, prever problemas antes de que surjan y evaluar el impacto de posibles cambios en una o más variables. Esto es particularmente valioso en un contexto donde la eficiencia y la sostenibilidad se priorizan cada vez más, no solo desde una perspectiva económica, sino también desde puntos de vista ambientales y sociales.

Además, el uso de la dinámica de sistemas en las cadenas productivas de la industria alimentaria promueve la resiliencia operativa y estratégica. La capacidad de simular diferentes escenarios permite a las empresas anticipar y prepararse mejor para posibles crisis, como interrupciones en la cadena de suministro, fluctuaciones del mercado o desastres naturales. Por ejemplo, la pandemia de COVID-19 demostró la importancia de contar con sistemas que puedan adaptarse y gestionar crisis externas. Así, la dinámica de sistemas ofrece a los gerentes la posibilidad de probar estrategias de mitigación y recuperación en un entorno virtual antes de implementarlas, reduciendo así los riesgos y costos que podrían surgir de su implementación en el mundo real.

El uso de la dinámica de sistemas dentro de las cadenas de producción de la industria alimentaria permite a los gerentes no solo responder a problemas actuales sino también explorar oportunidades de innovación y crecimiento a largo plazo. La capacidad de modelar dinámicas complejas ayuda a comprender mejor cómo las decisiones en una área de la cadena pueden afectar otras áreas, facilitando una planificación más coherente alineada con los objetivos corporativos y sostenibles de la empresa. La integración de perspectivas multidisciplinarias, como recomiendan los hallazgos del estudio, también enriquece la gestión de los tomadores de decisiones a lo largo de las cadenas de producción. Al incorporar perspectivas de economía, ecología y ciencias sociales, entre otras, los gerentes pueden desarrollar estrategias más robustas que tomen en cuenta no solo aspectos económicos sino también el bienestar social y el impacto ambiental. Esto es crucial en un mundo donde los consumidores y reguladores exigen cada vez más responsabilidad social y ambiental por parte de las empresas.



Las lecciones de este mapeo sugieren a los líderes empresariales en la industria alimentaria cómo la toma de decisiones puede mejorar mediante el uso de modelos que permiten la simulación; sin embargo, la implementación de la dinámica de sistemas como herramienta de gestión requiere inversión en capacitación y desarrollo de habilidades dentro de las empresas. Los líderes deben asegurarse de que sus equipos estén equipados con el conocimiento y las habilidades necesarias para usar estas herramientas de manera efectiva. Esto puede incluir capacitación en modelado y simulación, análisis de sistemas y pensamiento crítico, así como desarrollar una cultura organizacional que valore la experimentación y el aprendizaje continuo. Finalmente, aunque la dinámica de sistemas ofrece numerosas ventajas, también es importante reconocer los desafíos asociados con su implementación. Requiere una extensa recolección y análisis de datos a lo largo del tiempo, así como una actualización constante de los modelos para reflejar cambios en el entorno operativo y de mercado. Además, los modelos son simplificaciones de la realidad y pueden no capturar completamente todas las variables y dinámicas involucradas, lo que podría llevar a decisiones subóptimas si no se gestionan cuidadosamente.



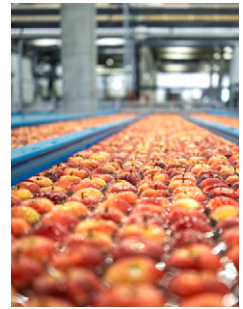
## 5. CONCLUSIONES

La investigación en dinámica de sistemas aplicada a las cadenas de producción de alimentos ha mostrado un crecimiento sostenido en el interés académico y práctico, con una significativa diversidad geográfica en las contribuciones. Este aumento refleja la relevancia global de este enfoque para abordar desafíos complejos en la producción de alimentos. Sin embargo, la variabilidad en el número de publicaciones de año en año sugiere la necesidad de una mayor consistencia y enfoque en la investigación. Uno de los hallazgos más significativos de estos estudios es la importancia de la sostenibilidad y la eficiencia en las cadenas de producción. Aspectos como la cogobernanza social, la gestión eficiente de recursos y la reducción del impacto ambiental han sido identificados como cruciales. La modelación de dinámica de sistemas ha demostrado ser efectiva en la evaluación y mejora de estas dimensiones, destacando la importancia de los enfoques holísticos e integrados en la gestión de la cadena de suministro. La interconexión entre sistemas como el agua, la energía y los alimentos también ha sido un foco de estudio, demostrando la necesidad de un enfoque integrado para su gestión. La dinámica de sistemas permite el análisis de interacciones complejas entre estos subsistemas y los impactos cruzados de las políticas, lo cual es esencial para el desarrollo sostenible. En términos de toma de decisiones, los modelos

de dinámica de sistemas han proporcionado perspectivas valiosas en la industria alimentaria, desde la optimización de procesos hasta el análisis de políticas, demostrando ser herramientas efectivas para abordar desafíos complejos, mejorar la eficiencia y anticipar las consecuencias de decisiones estratégicas. Los estudios también revelan la complejidad del sistema alimentario global, con cambios en las dietas, la importancia del comercio de alimentos y la seguridad alimentaria. La dinámica de sistemas ofrece una manera de entender estas complejidades y contribuir a la seguridad alimentaria global a través de un análisis detallado.

Para futuras direcciones de investigación, existe la necesidad de expandir la metodología a una variedad más amplia de problemas dentro de las cadenas de producción de alimentos e integrar perspectivas multidisciplinarias. Esto permitiría una comprensión más profunda de las interacciones entre diferentes sistemas y la influencia de factores externos, como el cambio climático y las políticas económicas.

Finalmente, debe reconocerse que la principal limitación de este artículo de revisión es que la consulta se realizó en solo una base de datos. Aunque SCOPUS como base de datos es reconocida por la comunidad académica, incluir otras bases de datos permitiría expandir el tamaño de la muestra de documentos y así ofrecer una vista más completa del uso de la dinámica de sistemas en las cadenas de producción de alimentos. La dependencia de una única fuente puede llevar a sesgos en la selección de estudios y, más allá, en las tendencias identificadas en el mapeo.




---

## REFERENCIAS

- Agudelo, D. A., & López, Y. M. (2018). Dinámica de sistemas en la gestión de inventarios. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 75–85. <https://doi.org/10.21500/20275846.3305>
- Alzubi, E., Shbikat, N., & Noche, B. (2023). A system dynamics model to improving sustainable performance of the citrus farmers in Jordan Valley. *Cleaner Production Letters*, 4, 100034. <https://doi.org/10.1016/j.cpl.2023.100034>
- Anastasiadis, F., Tsolakis, N., & Srari, J. (2018). Digital Technologies Towards Resource Efficiency in the Agrifood Sector: Key Challenges in Developing Countries. *Sustainability*, 10(12), 4850. <https://doi.org/10.3390/su10124850>
- Aprillya, M. R., & Suryani, E. (2023). Simulation of System Dynamics for Improving The Quality of Paddy Production in Supporting Food Security. *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, 9(1), 38–46. <https://doi.org/10.20473/jisebi.9.1.38-46>
- Bala, B. K., Arshad, F. M., & Noh, K. M. (2017). *System Dynamics*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-2045-2>
- Cambrá, J., & Vázquez, R. (2010). Inés Rosales: El reto de internacionalizar la actividad de una PYME es posible. *UCJC Business and Society Review (formerly Known As Universia Business Review)*, 4(28). <https://journals.ucjc.edu/ubr/article/view/763>

- Campbell, F., Tricco, A. C., Munn, Z., Pollock, D., Saran, A., Sutton, A., White, H., & Khalil, H. (2023). Mapping reviews, scoping reviews, and evidence and gap maps (EGMs): the same but different—the “Big Picture” review family. *Systematic Reviews*, 12(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02178-5>
- Cheng, G., Ning, J., Ahmed, S., Huang, J., Ullah, R., An, B., Hao, H., Dai, M., Huang, L., Wang, X., & Yuan, Z. (2019). Selection and dissemination of antimicrobial resistance in Agri-food production. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 8(1), 158. <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0623-2>
- Dabbene, F., Gay, P., & Tortia, C. (2014). Traceability issues in food supply chain management: A review. *Biosystems Engineering*, 120, 65–80. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.09.006>
- Demartini, M., Tonelli, F., & Govindan, K. (2022). An investigation into modelling approaches for industrial symbiosis: A literature review and research agenda. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 3, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100020>
- Dizyee, K., Baker, D., & Rich, K. M. (2017). A quantitative value chain analysis of policy options for the beef sector in Botswana. *Agricultural Systems*, 156, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.05.007>
- Flandro, C.S., & Petras, M. (2005). Model predictive controllers improve temperature control for scraped surface heat exchangers. *Technical Papers of ISA*, 459, 169–180.
- Fontoura, W. B., & Ribeiro, G. M. (2021). System Dynamics for Sustainable Transportation Policies: A Systematic Literature Review. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 13, e20200259. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20200259>
- García, J., Prado, C., & Mejías, A. (2011). El desarrollo de la función logística en la industria alimentaria y textil moda de España. *UCJC Business and Society Review (formerly Known As Universia Business Review)*, 3(31). <https://journals.ucjc.edu/ubr/article/view/800>
- García-Oliveira, P., Fraga-Corral, M., Pereira, A. G., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2022). Solutions for the sustainability of the food production and consumption system. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(7), 1765–1781. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1847028>
- Gebre, K. T., Wurzinger, M., Gizaw, S., Haile, A., Rischkowsky, B., & Sölkner, J. (2020). Evaluation of increased feed supply and different fattening strategies for an Ethiopian sheep population by system dynamics modelling. *Animal Production Science*, 60(17), 2050. <https://doi.org/10.1071/AN19546>
- Grisales, N. M., & Restrepo, I. A. M. (2015). modelo para gestionar el conocimiento en el sector textil de Medellín, empleando dinámica de sistemas. *Semestre Económico*, 18(38), 161–190. <https://doi.org/10.22395/seec.v18n38a6>
- Guzman, A., Barragán, S., Cosenz, F., & Cala-Vitery, F. (2023). Prevention and Mitigation of Rural Higher Education Dropout in Colombia: A Dynamic Performance Management Approach. [version 2; peer review: 2 approved]. *F1000Research*, 12, 497 <https://doi.org/10.12688/f1000research.132267.2>
- Jagustović, R., Zougmore, R. B., Kessler, A., Ritsema, C. J., Keesstra, S., & Reynolds, M. (2019). Contribution of systems thinking and complex adaptive system attributes to sustainable food production: Example from a climate-smart village. *Agricultural Systems*, 171, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.12.008>
- Kazançoğlu, Y., Ekinci, E., Mangla, S. K., Sezer, M. D., Choudhary, S., & Dora, M. (2023). Smart Closed-Loop Food Supply Chain in Circular Economy. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1–18. <https://doi.org/10.1109/TEM.2023.3303272>
- Khalil, H., & Tricco, A. C. (2022). Differentiating between mapping reviews and scoping reviews in the evidence synthesis ecosystem. *Journal of Clinical Epidemiology*, 149, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2022.05.012>
- Konrad, R. A., Saeed, K., Kammer-Kerwick, M., Busaranuvong, P., & Khumwang, W. (2023). “Fish-y” banks: Using system dynamics to evaluate policy interventions for reducing labor exploitation in the seafood industry. *Socio-Economic Planning Sciences*, 90, 101731. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101731>
- Kopainsky, B., Frehner, A., & Müller, A. (2020). Sustainable and healthy diets: Synergies and trade-offs in Switzerland. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(6), 908–927. <https://doi.org/10.1002/sres.2761>
- Minegishi, S., & Thiel, D. (2000). System dynamics modeling and simulation of a particular food supply chain. *Simulation Practice and Theory*, 8(5), 321–339. [https://doi.org/10.1016/S0928-4869\(00\)00026-4](https://doi.org/10.1016/S0928-4869(00)00026-4)
- Morecroft, J. D. W. (2007). *Strategic modelling and business dynamics: A feedback systems approach*. John Wiley & Sons.



- Mu, J., & Zhu, Q. (2023). Social co-governance for sustainable brand in food industry: dynamic evolutionary game among multiple stakeholders. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 19(10), 7245-7266. <https://doi.org/10.3934/jimo.2022261>
- Perdana, T., Onggo, B. S., Sadeli, A. H., Chaerani, D., Achmad, A. L. H., Hermiatin, F. R., & Gong, Y. (2022). Food supply chain management in disaster events: A systematic literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 79, 103183. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103183>
- Porkka, M., Kumm, M., Siebert, S., & Varis, O. (2013). From Food Insufficiency towards Trade Dependency: A Historical Analysis of Global Food Availability. *PLoS ONE*, 8(12), e82714. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082714>
- Sadraei, R., Biancone, P., Lanzalunga, F., Jafari-Sadeghi, V., & Chmet, F. (2023). How to increase sustainable production in the food sector? Mapping industrial and business strategies and providing future research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 32(4), 2209–2228. <https://doi.org/10.1002/bse.3244>
- Song, S., Hou, Y., Lim, R. B. H., Gaw, L. Y. F., Richards, D. R., & Tan, H. T. W. (2022). Comparison of vegetable production, resource-use efficiency and environmental performance of high-technology and conventional farming systems for urban agriculture in the tropical city of Singapore. *Science of The Total Environment*, 807, 150621. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150621>
- Suryani, E., Hendrawan, R. A., Muhandhis, I., & Puspa, L. (2016). Dynamic simulation model of beef supply chain to fulfill national demand. *Jurnal Teknologi*, 78(9). <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9609>
- Tan, C., Erfani, T., & Erfani, R. (2017). Water for Energy and Food: A System Modelling Approach for Blue Nile River Basin. *Environments*, 4(1), 15. <https://doi.org/10.3390/environments4010015>
- Thiel, D., Le Hoa Vo, T., & Hovelaque, V. (2014). Forecasts impacts on sanitary risk during a crisis: a case study. *The International Journal of Logistics Management*, 25(2), 358–378. <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2012-0028>
- Tinsley, T. L., Chumbley, S., Mathis, C., Machen, R., & Turner, B. L. (2019). Managing cow herd dynamics in environments of limited forage productivity and livestock marketing channels: An application to semi-arid Pacific Island beef production using system dynamics. *Agricultural Systems*, 173, 78–93. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.014>
- Tonnang, H. E. Z., Sokame, B. M., Wamalwa, M., Niassy, S., & Muriithi, B. W. (2023). System Dynamics Modeling for Assessing the Impact of COVID-19 on Food Supply Chains: A Case Study of Kenya and Rwanda. *Sustainability*, 15(6), 4717. <https://doi.org/10.3390/su15064717>
- Toussaint, B., Raffael, B., Angers-Loustau, A., Gilliland, D., Kestens, V., Petrillo, M., Rio-Echevarria, I. M., & Van Den Eede, G. (2019). Review of micro- and nanoplastic contamination in the food chain. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(5), 639–673. <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1583381>
- van Raamsdonk, L. W. D., van der Zande, M., Koelmans, A. A., Hoogenboom, R. L. A. P., Peters, R. J. B., Groot, M. J., Peijnenburg, A. A. C. M., & Weesepeel, Y. J. A. (2020). Current Insights into Monitoring, Bioaccumulation, and Potential Health Effects of Microplastics Present in the Food Chain. *Foods*, 9(1), 72. <https://doi.org/10.3390/foods9010072>
- Wang, X., Dong, Z., & Sušnik, J. (2023). System dynamics modelling to simulate regional water-energy-food nexus combined with the society-economy-environment system in Hunan Province, China. *Science of The Total Environment*, 863, 160993. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160993>
- Wu, L., Elshorbagy, A., Pande, S., & Zhuo, L. (2021). Trade-offs and synergies in the water-energy-food nexus: The case of Saskatchewan, Canada. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105192. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105192>
- Zhang, Y., Wan, P., Ma, G., & Pereira Uñate, P. A. (2023). Price, internet penetration and green food industry development: Based on the interaction between demand and supply. *PLOS ONE*, 18(9), e0289843. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289843>
- Zhong, R., Xu, X., & Wang, L. (2017). Food supply chain management: systems, implementations, and future research. *Industrial Management & Data Systems*, 117(9), 2085–2114. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2016-0391>

