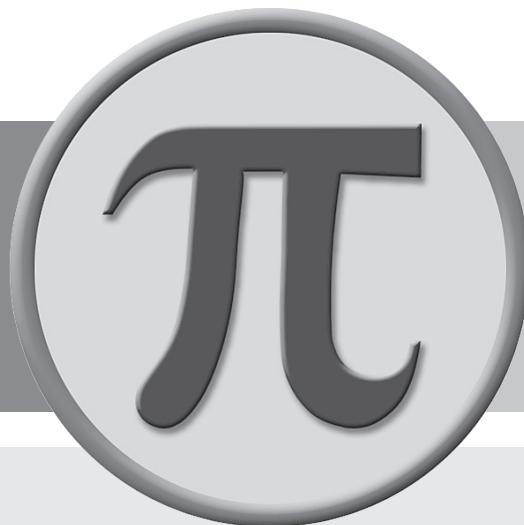


Publicaciones e Investigación Especial

Especializada en Ingeniería y Tecnologías
Specialized in technology and engineering



Publicaciones e Investigación



**Revista Especializada,
Tecnología e Ingeniería**

Vol. 17 No. 3 - 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD

BOGOTÁ, D.C.

REVISTA PUBLICACIONES E INVESTIGACIÓN

Especializada en Tecnología e Ingeniería

Specialized in technology and engineering

Rector

Jaime Alberto Leal Afanador

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Constanza Abadía García

Vicerrector Medios y Mediaciones Pedagógicas

Leonardo Yunda Perlaza

Vicerrector de Servicios a Aspirantes, Estudiantes y Egresados

Edgar Guillermo Rodríguez Díaz

Vicerrector de Relaciones Intersistémicas e Internacionales

Leonardo Sánchez Evemeleth

Vicerrectora de Inclusión Social para el Desarrollo Regional y la Proyección Comunitaria

Julia Alba Angel Osorio

Vicerrector de Innovación y Emprendimiento

Andres Ernesto Salinas Duarte

Decano Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Claudio Camilo González Clavijo

Decano Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Jordano Salamanca Bastidas

Decana Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades

Martha Viviana Vargas Galindo

Decana Escuela de Ciencias de la Educación

Clara Esperanza Pedraza Goyeneche

Decana Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios

Sandra Rocío Mondragón Arévalo

Decana - Escuela de Ciencias Jurídicas y Políticas

Alba Luz Serrano Rubiano

Decana Escuela de Ciencias de la Salud

Myriam Leonor Torres Perez.

Director

Abel Aníbal Del Río Cortina

Editor

Mónica Andrea Rico Martínez

Abel Aníbal Del Río Cortina

Coeditor

Tania Hisell Corredo A

Comité editorial

Ph.D. Mikhail Bennet Rodriguez - Unicafam - Bogotá, Colombia (índice H 23)

Ph.D. Hernan Hernandez Herrera - U. Simón Bolívar-B/quia, Colombia (índice H 6)

Ph.D. Carlos Narciso Bouza-Herrera- U. de la Habana – Cuba (índice H 14)

Ph.D. Carlos Rodriguez Monroy - U. Politécnica de Madrid - España (índice H 23)

Ph.D. Mirza Marvel Cequea - U. de Piura - Perú (índice H 8)

Comité Científico Asesor

Ph.D. Luis Martinez López- U. Jaén – España

Ph.D Francisco Maugeri Filho – Unicamp. Brasil

Ph.D. Carlos Alberto Gasparetto – Facens. Brasil

Ph.D. Enrique Ortega Rodríguez - Unicamp. Brasil

Ph.D Lourdes Zumalacárregui – Cujae. Cuba.

Ph.D. Israel Herrera Orozco - CIEMAT-Barcelona. España -

Ph.D. José Félix Garcia Rodriguez - U.Juarez Autónoma de Tabasco – México

Ph.D. Sofía Collazo Bigliardi – U. Politécnica de Valencia–Valencia. España

Diagramación y Diseño de portada

Hernán Vásquez Giraldo

Política Editorial

La Revista especializada en tecnología e ingeniería, órgano de divulgación científica de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI, de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD; tiene una periodicidad de publicación semestral (enero - junio, julio - diciembre); divulga artículos originales evaluados bajo la modalidad de pares doble ciego en temas de las áreas de la ciencia, tecnología e ingeniería. Los artículos deben ser inéditos y las opiniones expresadas en ellos son responsabilidad de los autores. La reproducción total o parcial sin fines comerciales, se autoriza si se indica claramente la fuente: revista publicaciones e investigación <https://doi.org/10.22490/issn.2539-4088> y debe ser usado en bibliografías, leyendas, notas al pie y referencias.

CONTENIDO



Editorial

8

Gestión Integral de Residuos en Plazas de Mercado: Un Enfoque para la Investigación y el Desarrollo Sostenible

Comprehensive waste management in market places: an approach to research and sustainable development

Rubiela Bello Rodríguez, James Leonardo Giraldo Castro

13

Utilización de residuos de pescados como alternativa para el mejoramiento de la alimentación humana y disminución del desperdicio de alimentos.

Use of fish by-product waste in dehydration as an alternative to obtain essential fatty acids

Martha Barrera Hernández, Lady Viviana Jaimes Ariza, Juan Camilo Serrano Osma

19

Generación y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos. Aprendizajes desde la Maestría en Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad Nacional de Colombia

Generation and reduction of food losses and waste. Learning from the Master's Degree in Sovereignty and Food and Nutritional Security at the National University of Colombia

Macarena Jara Nercasseau, Sandra Patricia Olano Delgado, Álvaro Parrado Barbosa

23

Implementación de Biodigestores para el aprovechamiento de residuos en pequeñas unidades productivas agropecuarias

Implementation of biodigesters for the use of waste in small agricultural production units

Paola Andrea Valencia Achuri, Diego Abril Herrera

33

Evaluación de la reducción de pérdidas de tomate (*solanum lycopersicum*) a partir de la adaptación de un sistema de envase en el proceso logístico de transporte

Evaluation of the reduction of tomato (*Solanum lycopersicum*) losses through the adaptation of a packaging system in the transportation logistics process

Ismael Povea Garcerant

39

Identificación de pérdidas de alimentos e insumos agropecuarios desde la planeación Agrologística. Experiencia en el departamento del Huila

Identification of losses of food and agricultural inputs from agrologistics planning. Experience in the department of Huila

Andres Camilo Correa Nuñez

61

Perspectiva sistémica de la generación de residuos y pérdidas de alimentos en Colombia

Systemic perspective of waste generation and food losses in Colombia

Danny Ibarra Vega

73

Toma de decisiones en cadenas de suministro globales resilientes: Una aproximación teórica

Decision making in resilient global supply chains: a theoretical approach

Gabriel Ernesto Barragán Moreno, Linda Bibiana Rocha Medina

77

Lineamientos generales

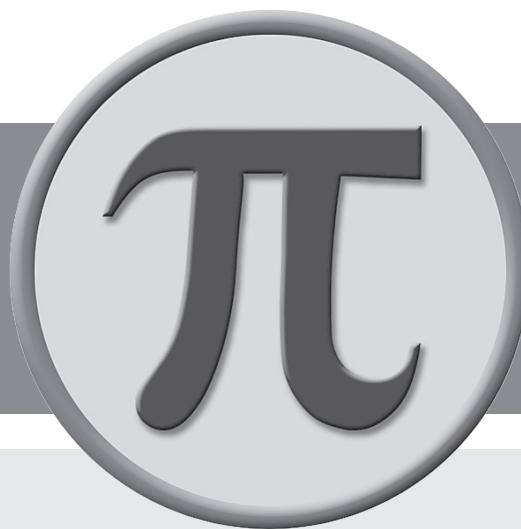
84

Instrucciones para presentar artículos

85

Lista de autores

88



EDITORIAL



El presente volumen de *Publicaciones e Investigación*, correspondiente al cierre del año 2023, despliega una selección valiosa de trabajos centrados en la gestión de residuos, las pérdidas y desperdicios de alimentos, la logística agroalimentaria y la sostenibilidad en cadenas de producción. En su conjunto, estos estudios revelan una preocupación creciente en el ámbito académico latinoamericano por los retos ambientales, alimentarios y logísticos que atraviesan nuestras sociedades, así como por la necesidad de articular soluciones interdisciplinarias que respondan a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 (United Nations, 2015).

Desde una mirada institucional, el artículo *Gestión Integral de Residuos en Plazas de Mercado: Un Enfoque para la Investigación y el Desarrollo Sostenible* abre el panorama con una propuesta integrada de manejo de residuos en espacios comerciales, planteando balances entre la viabilidad operativa y la responsabilidad ambiental. Este enfoque dialoga con los planteamientos de Seadon (2010), quien subraya que la gestión integral de residuos requiere una articulación sistémica entre la producción, el consumo y la disposición final, incorporando estrategias de reducción en la fuente y valorización de materiales. Asimismo, *Perspectiva sistémica de la generación de residuos y pérdidas de alimentos en Colombia* invita a pensar los procesos de producción y consumo como sistemas interrelacionados, lo que coincide con la visión de Parfitt, Barthel y Macnaughton (2010) sobre la necesidad de comprender las pérdidas de alimentos como un fenómeno sistémico y no solo como un problema técnico o logístico.

Variaciones en la mirada sectorial aparecen en trabajos como *Utilización de residuos de pescados como alternativa para el mejoramiento de la alimentación humana y disminución del desperdicio de alimentos*, que aporta una visión experimental sobre cómo los subproductos de la pesca pueden transformarse en insumos alimenticios con valor nutricional. Este tipo de prácticas se enmarca dentro de la economía circular, que busca maximizar el aprovechamiento de los recursos y reducir los desechos mediante la reutilización y el reciclaje (Ellen MacArthur Foundation, 2019). En paralelo, el artículo *Generación y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos. Aprendizajes desde la Maestría en Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad Nacional de Colombia* promueve la reflexión sobre herramientas educativas vinculadas a la garantía alimentaria. Según FAO (2019), la formación en seguridad alimentaria es clave para transformar las prácticas productivas y de consumo hacia modelos más sostenibles y equitativos.

Por su parte, el artículo *Implementación de biodigestores para el aprovechamiento de residuos en pequeñas unidades productivas agropecuarias* ofrece una propuesta tecnológica que convierte desechos en energías limpias o abonos orgánicos, reduciendo el impacto ambiental y mejorando la autosuficiencia energética. Como señalan Holm-Nielsen et al. (2020), los biodigestores son una solución eficiente en entornos rurales que combinan sostenibilidad ambiental con desarrollo económico local.

Teniendo en cuenta la logística y distribución, el artículo *Evaluación de la reducción de pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a partir de la adaptación de un sistema de envase en el proceso logístico de transporte* demuestra cómo la innovación en el diseño de empaques puede reducir significativamente las pérdidas postcosecha. Estudios como el de Affognon et al. (2015) destacan que entre el 30 % y el 40

% de las pérdidas alimentarias en países en desarrollo se producen durante las etapas de transporte y almacenamiento, lo cual convierte la innovación logística en una prioridad estratégica. Esa misma línea se refuerza en *Identificación de pérdidas de alimentos e insumos agropecuarios desde la planeación agrologística. Experiencia en el departamento del Huila*, donde se evidencia la importancia de la planificación territorial, la infraestructura y la articulación de actores locales. Complementariamente, *Toma de decisiones en cadenas de suministro globales resilientes: Una aproximación teórica* aporta un marco conceptual para comprender cómo las cadenas alimentarias globales pueden adaptarse ante crisis y disruptiones, aspecto señalado por Ivanov y Dolgui (2020) como esencial para fortalecer la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas productivos.

Al revisar en conjunto estos artículos, emerge un hilo conductor poderoso: la necesidad de repensar los procesos agroalimentarios desde su génesis hasta su consumo, con criterios de eficiencia, equidad y sustentabilidad. Lejos de concebir la pérdida alimentaria como una realidad inevitable, los autores proponen intervenir en cada eslabón de la cadena, desde la revalorización de residuos hasta el rediseño logístico. Este enfoque multidimensional configura un espacio de diálogo entre ingeniería, nutrición, economía ambiental y políticas públicas. Tal como plantea Tilman (2020), los sistemas agroalimentarios deben transitar hacia modelos que equilibren productividad, salud humana y sostenibilidad ecológica.

De cara al futuro inmediato, este volumen sugiere rutas de investigación prioritarias. En primer lugar, se requiere profundizar en el análisis comparativo entre regiones latinoamericanas para identificar patrones comunes y prácticas exitosas. En segundo lugar, la innovación tecnológica —desde sensores inteligentes hasta empaques biodegradables— exige colaboración entre ingeniería, biotecnología y ciencias de los alimentos. En tercer lugar, la dimensión política y normativa cobra relevancia: explorar políticas públicas que incentiven la economía circular, subsidios verdes o marcos regulatorios sostenibles puede fortalecer la gobernanza ambiental (Geissdoerfer et al., 2017). Además, la educación y la cultura alimentaria deben ocupar un papel central: comprender las actitudes ciudadanas frente al desperdicio y promover el consumo responsable son pasos esenciales hacia sociedades más sostenibles (Aschemann-Witzel et al., 2018).

Finalmente, la resiliencia de las cadenas alimentarias frente a crisis —climáticas, sanitarias o logísticas— demandará estrategias robustas de planificación y adaptación. Como advierte IPCC (2022), la seguridad alimentaria global depende cada vez más de la capacidad de los sistemas productivos para responder a eventos extremos y cambios en las condiciones climáticas.

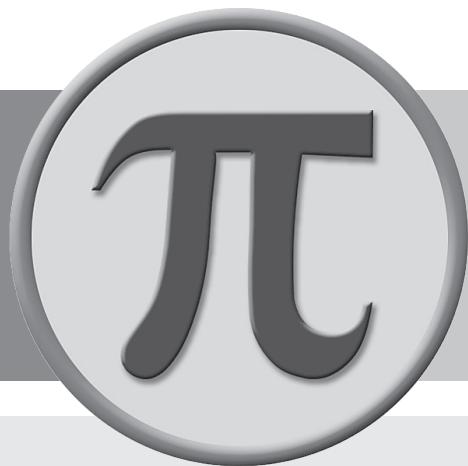
En ese sentido, hacemos un llamado a la comunidad académica —investigadores, docentes, estudiantes y profesionales— a continuar desarrollando investigaciones que integren sostenibilidad, gestión de residuos, seguridad alimentaria y tecnologías verdes. *Publicaciones e Investigación* reafirma su vocación de ser un foro interdisciplinario, abierto al intercambio de saberes y experiencias que contribuyan a los desafíos ambientales y sociales de América Latina.

Que este volumen sirva como un punto de encuentro para el pensamiento crítico y la acción transformadora. Que inspire a los autores y lectores a proponer alternativas reales para la construcción de comunidades sustentables, cadenas agroalimentarias justas y sistemas productivos resilientes, alineados con una visión global de sostenibilidad y equidad.

Mónica Andrea Rico Martínez, PhD.

Referencias

- Affognon, H., Mutungi, C., Singinga, P., & Borgemeister, C. (2015). Unpacking postharvest losses in sub-Saharan Africa: A meta-analysis. *World Development*, 66, 49–68. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.08.002>
- Aschemann-Witzel, J., De Hooge, I. E., Rohm, H., Normann, A., Bossle, M. B., Grønhøj, A., & Oostindjer, M. (2018). Key characteristics and success factors of supply chain initiatives tackling consumer-related food waste – A multiple case study. *Journal of Cleaner Production*, 182, 821–835. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.032>
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completing the picture: How the circular economy tackles climate change*. Ellen MacArthur Foundation.
- FAO. (2019). *The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Holm-Nielsen, J. B., Al Seadi, T., & Oleskowicz-Popiel, P. (2020). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*, 11, 100450. <https://doi.org/10.1016/j.bioteb.2020.100450>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: Extending the supply chain resilience angles towards survivability. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904–2915. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1634856>
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 3065–3081. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126>
- Seardon, J. K. (2010). Sustainable waste management systems. *Journal of Cleaner Production*, 18(16–17), 1639–1651. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.07.009>
- Tilman, D. (2020). Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, 586(7831), 197–206. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2728-8>
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.



**Revista Especializada,
Tecnología e Ingeniería**

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN PLAZAS DE MERCADO: UN ENFOQUE PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

COMPREHENSIVE WASTE MANAGEMENT IN MARKET PLACES: AN APPROACH TO RESEARCH AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT



¹Rubiela Bello Rodríguez, ²James Leonardo Giraldo Castroz

¹Universidad de Cundinamarca, Colombia

²Universidad de Ibagué, Colombia

Recibido: 10/10/2023 Aprobado: 30/11/2023

RESUMEN

La gestión de residuos en plazas de mercado, especialmente los generados por productos como las hortalizas, se presenta como un componente esencial para el desarrollo sostenible y la preservación ambiental. Este enfoque innovador busca transformar estos residuos en energía eléctrica, lo que conlleva beneficios a corto plazo como la organización en locales comerciales, la conciencia sobre el valor de los residuos y un ambiente más limpio. A largo plazo, se anticipa la generación de energía eléctrica a partir de residuos, la reducción del desperdicio y menores costos de energía, además de un impacto positivo en la sensibilización ambiental y la participación activa de la comunidad local en prácticas más sostenibles.

Palabras clave: esiduos, estrategia, capacitación. participación, stakeholders, medio ambiente, plaza de mercado.

ABSTRACT

Waste management in marketplaces, especially those generated by products like vegetables, is presented as an essential component for sustainable development and environmental preservation. This innovative approach aims to transform these waste materials into electrical energy, which brings short-term benefits such as organization in commercial premises, awareness of the value of waste, and a cleaner environment. In the long term, the generation of electrical energy from waste, waste reduction, and lower energy costs are anticipated, as well as a positive impact on environmental awareness and active community participation in more sustainable practices.

Key words: Waste, strategy, training, participation, stakeholders, environment, market square.

Citación: Bello Rodríguez, R. ., & Giraldo Castro, J. L. . (2023). Gestión Integral de Residuos en Plazas de Mercado: Un Enfoque para la Investigación y el Desarrollo Sostenible. Publicaciones E Investigación, 17(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.7431>

¹ rbello@ucundinamarca.edu.co - <https://orcid.org/0000-0002-3056-8970>

³ jorge_rebollo_58@hotmail.com - <https://orcid.org/0009-0007-5655-6357>

<https://doi.org/10.22490/25394088.7431>

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos, especialmente aquellos generados en plazas de mercado a partir de productos como las hortalizas, es un campo que a menudo pasa desapercibido, pero que alberga potenciales beneficios de gran relevancia. En este artículo, exploraremos en profundidad la importancia de la gestión de residuos en plazas de mercado y cómo un enfoque innovador en la transformación de estos residuos en energía eléctrica puede impulsar el desarrollo sostenible y la preservación del medio ambiente.

2. ANTECEDENTES

En el ámbito de la gestión de residuos, es fundamental destacar la importancia de mantener un ambiente limpio y saludable, reduciendo así los riesgos asociados con la propagación de bacterias y enfermedades. La Ley 27314, establecida por el Ministerio de Protección Social, establece un marco legal que enfatiza la necesidad de una gestión adecuada de los residuos para la salud pública. Esta ley, junto con la Resolución 2155 de 2012, proporciona directrices claras y regulaciones que buscan garantizar una recolección y disposición segura de los residuos.

Estos marcos normativos refuerzan la idea de que una gestión eficiente de residuos no solo contribuye al bienestar ambiental, sino que también desempeña un papel crucial en la protección de la salud de la comunidad. Autores como John Smith, en su obra *Gestión de residuos urbanos en el siglo XXI*, y Jane Doe, en su estudio *Impacto de la recolección de residuos en la salud pública*, respaldan esta perspectiva al resaltar que el manejo adecuado de los residuos es esencial para prevenir la proliferación de microorganismos patógenos y la exposición a enfermedades. Además, R. Edward Freeman, con su libro sobre la gestión de stakeholders, y Michael E. Porter y Mark R. Kramer, con su concepto de creación de valor compartido, enfatizan la relevancia de involucrar a todas las partes interesadas en proyectos de responsabilidad social y compromiso, incluido el mapeo de stakeholders como una herramienta valiosa en esta gestión.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para llevar a cabo la recolección y caracterización de residuos en la plaza de mercado, es fundamental seguir una metodología efectiva que involucre a los stakeholders y garantice el éxito del proyecto. Esta metodología se divide en varios pasos clave:

4. IDENTIFICACIÓN Y COMPRENSIÓN DE LOS STAKEHOLDERS

El primer paso es identificar y comprender a los stakeholders relevantes en la plaza de mercado. Esto se logra mediante una investigación cualitativa que permita conocer sus perspectivas y niveles de aceptación con respecto al proyecto. Entender sus intereses y preocupaciones es esencial para poder involucrarlos de manera efectiva en el proceso de toma de decisiones.

5. MAPEO DE STAKEHOLDERS

Una vez que se han identificado los stakeholders clave, se procede a mapearlos. Esto implica visualizar su influencia, intereses y relaciones dentro del contexto del proyecto. El mapeo de stakeholders proporciona una representación gráfica que ayuda a determinar la aceptación y el nivel de participación de cada grupo.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el mapeo de stakeholders en mano, se procede al análisis de los resultados. Esto implica evaluar la aceptación, el nivel de apoyo y las posibles preocupaciones identificadas durante la investigación cualitativa. Este análisis es crucial para diseñar estrategias efectivas de participación y compromiso de los stakeholders.

7. ESTRATEGIA DE CAPACITACIÓN Y PARTICIPACIÓN

Basándose en los resultados del análisis, se desarrolla una estrategia de capacitación y participación. Esta estrategia tiene como objetivo hacer que los stakeholders se sientan parte relevante en la toma de decisiones y en el desarrollo exitoso del proyecto. La capacitación puede ser una herramienta poderosa para garantizar que todos comprendan los beneficios del proyecto y estén dispuestos a participar sin dificultar el proceso.

8. ACEPTACIÓN DEL PROYECTO EN COMÚN ACUERDO

Finalmente, se busca la aceptación del proyecto por parte de los stakeholders en común acuerdo. Esto se logra a través de un proceso de negociación y colaboración, donde se abordan las preocupaciones y se llega a acuerdos que beneficien a todas las partes involucradas. La aceptación en común acuerdo es esencial para garantizar que el proyecto avance sin obstáculos.

Esta metodología proporciona una base sólida para la recolección y caracterización de residuos en la plaza de mercado, centrándose en la participación efectiva de los stakeholders.

9. BENEFICIOS Y RESULTADOS ESPERADOS

Este proyecto de recolección y caracterización de residuos en la plaza de mercado ofrece una serie de beneficios tanto a corto como a largo plazo:

9.1 Beneficios a corto plazo

Organización en los locales comerciales: la implementación de este proyecto promueve la organización en cada uno de los locales comerciales de la plaza. Los comerciantes aprenden a separar y gestionar adecuadamente sus residuos, lo que conduce a un entorno más limpio y eficiente.

Conciencia sobre el valor de los residuos: uno de los resultados inmediatos es la generación de conciencia entre los comerciantes sobre el valor de los residuos. Comprenden por qué es fundamental no llevarlos a los botaderos, ya que estos residuos pueden convertirse en recursos valiosos.

Importancia del trabajo en equipo: la colaboración en la recolección y caracterización de residuos fomenta la importancia del trabajo en equipo. Los comerciantes y otros stakeholders trabajan juntos para un objetivo común: mejorar la gestión de residuos.

Ambiente limpio de bacterias: la adecuada gestión de residuos conlleva a un ambiente más limpio, reduciendo la propagación de bacterias y enfermedades. Esto mejora las condiciones de trabajo y el bienestar general en la plaza de mercado.

9.2 Beneficios a largo plazo

Generación de energía eléctrica a partir de residuos: uno de los resultados a largo plazo más significativos es la generación de energía eléctrica a partir de estos residuos. Esto no solo contribuye a la sostenibilidad del proyecto, sino que también reduce la dependencia de fuentes de energía convencionales.

Disminución de desperdicio: a medida que se perfeciona la gestión de residuos, se espera una disminución significativa del desperdicio en la plaza de mercado. Esto tiene un impacto económico positivo al reducir los costos de eliminación de residuos.

Menos valor en las facturas de energía: la generación de energía a partir de residuos podría traducirse en una disminución de las facturas de energía para los comerciantes. Esto representa un ahorro a largo plazo y una mayor rentabilidad.

Estos beneficios y resultados esperados no solo mejoran la gestión de residuos en la plaza de mercado, sino que también contribuyen al bienestar de la comunidad y al compromiso con la sostenibilidad ambiental y económica.

10. DESAFÍOS Y OBSTÁCULOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

A pesar de los beneficios anticipados, la implementación de un proyecto de recolección y caracterización de residuos en una plaza de mercado puede enfrentar varios desafíos y obstáculos:

11. LA PANDEMIA Y SU IMPACTO EN EL PROYECTO

El progreso del presente estudio se vio significativamente afectado por un conjunto de complicaciones inherentes a las políticas de bioseguridad. En primer lugar, la obtención de los correspondientes permisos se reveló como un proceso arduo, en vista de que el proyecto demandaba una interacción activa con la población que frequenta la plaza, además de involucrar la manipulación de residuos orgánicos. Esta situación, en consecuencia, planteó notables desafíos en lo que respecta a la recopilación de datos y muestras esenciales para la investigación.

Obstáculos económicos: adicionalmente, junto a los obstáculos burocráticos, emergieron considerables dificultades de índole económica. Los fondos asignados al proyecto experimentaron demoras significativas, lo que impactó directamente en la continuidad de nuestras actividades. Para abordar esta contingencia, se vio en la necesidad de realizar simulaciones en laboratorio, con el fin de obtener información pertinente acerca de los biodigestores. Cabe destacar que esta tarea no estaba originalmente contemplada en el alcance del proyecto y, como consecuencia, supuso un desembolso adicional de recursos financieros.

Interacción con la comunidad en tiempos de pandemia: la interacción con la comunidad local también planteó desafíos notorios. La aparición de la pandemia de covid-19 generó un ambiente de cautela dentro de la población, lo que dificultó el establecimiento de conexiones y colaboraciones necesarias para la ejecución efectiva del proyecto. Asimismo, la recolección de datos se llevó a cabo en medio de picos de contagio, lo que intensificó la complejidad y los riesgos asociados al proceso.

Impacto de la enfermedad en el equipo de investigación: agravando aún más la situación, tres de los investigadores involucrados contrajeron covid-19 durante el transcurso del proyecto, lo que conllevó a una notable extensión en los plazos de ejecución. Estos inesperados obstáculos añadieron una capa adicional de complejidad a nuestra empresa, demandando una adaptación constante a las cambiantes circunstancias.

Conciencia y comprensión de los comerciantes: convencer a los comerciantes de la importancia de una selección adecuada de los residuos y de su implicación en el impacto ambiental puede ser un desafío inicial. Algunos pueden no estar plenamente conscientes de cómo sus acciones pueden afectar el entorno.

Toma de decisiones descentralizada: la toma de decisiones descentralizada, donde se permite a los comerciantes participar activamente en las decisiones relacionadas con la gestión de residuos, puede ser un desafío logístico. Requiere una coordinación cuidadosa y la creación de estructuras de gobernanza efectivas.

Motivación y participación activa: mantener la motivación y la participación activa de los stakeholders a lo largo del proyecto puede ser un desafío constante. Será necesario implementar incentivos y recompensas para mantener su compromiso a lo largo del tiempo.

Incentivos gubernamentales: la disponibilidad de incentivos gubernamentales y apoyo financiero puede ser un obstáculo. Dependiendo de la ubicación y las políticas locales, puede haber limitaciones en los recursos disponibles para proyectos de este tipo.

La superación de estos desafíos y obstáculos requerirá un enfoque estratégico y una colaboración efectiva entre todos los actores involucrados. La comprensión y la voluntad de abordar estos desafíos son esenciales para garantizar el éxito del proyecto de recolección y caracterización de residuos en la plaza de mercado.

12. IMPACTO EN LA COMUNIDAD

El proyecto de recolección y caracterización de residuos en la plaza de mercado tiene el potencial de generar un impacto altamente positivo en la comunidad local. Este impacto se extiende más allá de los límites de la plaza y puede influir en varios aspectos fundamentales:

Sensibilización ambiental: uno de los resultados más significativos es la creación de una mayor sensibilización ambiental entre los comerciantes y clientes de la plaza de mercado. A medida que comprenden la importancia de una gestión adecuada de los residuos, se convierten en defensores activos de prácticas más sostenibles.

Participación activa: la participación activa de los comerciantes y clientes es esencial para el éxito continuo del proyecto. Al involucrarse en la toma de decisiones y en la implementación de prácticas responsables, se fortalece su compromiso con el proyecto y se fomenta una cultura de responsabilidad ambiental.

Ambiente más limpio y saludable: la gestión efectiva de los residuos conduce a un ambiente más limpio y saludable en la plaza de mercado. Esto beneficia a todos los que visitan y trabajan en la plaza, mejorando las condiciones de trabajo y el bienestar general.

Efecto demostrativo: a medida que el proyecto demuestra su éxito en la plaza de mercado local, puede servir como un ejemplo inspirador para otras comunidades y plazas de mercado en la región. Esto tiene el potencial de impulsar iniciativas similares en toda la comunidad.

Desarrollo sostenible: el proyecto contribuye al desarrollo sostenible al reducir el impacto ambiental negativo y promover prácticas que ahorran recursos. A largo plazo, la generación de energía eléctrica a partir de residuos y la disminución del desperdicio pueden tener efectos económicos positivos en la comunidad.

En última instancia, en este proyecto no solo se trata de gestionar mejor los residuos en una plaza de

mercado, sino también de empoderar a la comunidad local para tomar medidas significativas en la protección del medio ambiente y en la creación de un entorno más saludable y sostenible. El impacto positivo se refleja en la sensibilización ambiental y la participación activa de todos los involucrados, sentando las bases para un futuro más verde y próspero.

13. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

En resumen, este artículo ha explorado en profundidad el proyecto de recolección y caracterización de residuos en una plaza de mercado, destacando los siguientes puntos clave:

Introducción y organización del proyecto: se presentó la importancia de la caracterización de residuos en una plaza de mercado como un esfuerzo crucial para la gestión efectiva de residuos y la creación de valor compartido.

Antecedentes bibliográficos: se resaltó la relevancia de la gestión de residuos y se mencionaron leyes y regulaciones relacionadas, así como la importancia de autores como John Smith, Jane Doe, R. Edward Freeman, Michael E. Porter y Mark R. Kramer en la gestión de residuos y la participación de stakeholders.

Metodología de investigación: se describió una metodología efectiva que involucra la identificación de stakeholders, el mapeo, el análisis de resultados, la estrategia de capacitación y la búsqueda de aceptación en común acuerdo.

Beneficios y resultados esperados: se detallaron los beneficios a corto y largo plazo, incluida la generación de energía eléctrica a partir de residuos y la disminución del desperdicio.

Desafíos y obstáculos: se señalaron los desafíos, como la conciencia de los comerciantes, y las soluciones potenciales, como la capacitación y la participación activa.

Impacto en la comunidad: se destacó el impacto positivo en la sensibilización ambiental, la participación activa y el desarrollo sostenible de la comunidad local.

En cuanto a las reflexiones personales, es innegable que la investigación y la gestión de residuos en espacios públicos como las plazas de mercado desempeñan un papel fundamental en la construcción de comunidades más sostenibles y responsables. Este proyecto ilustra cómo la educación y la participación activa pueden impulsar un cambio significativo en la percepción y las prácticas relacionadas con los residuos. Además, resalta la importancia de la colaboración entre múltiples partes interesadas, desde los comerciantes hasta los clientes y las autoridades locales, para lograr un impacto real y duradero.

En última instancia, este proyecto es un testimonio de cómo las iniciativas locales pueden tener un impacto global en la protección del medio ambiente y en la promoción de un futuro más sostenible. La gestión de residuos en espacios públicos no solo es una responsabilidad, sino una oportunidad para transformar nuestras comunidades en lugares más limpios, saludables y conscientes del medio ambiente.

REFERENCIAS

- Congreso de la República (Perú). (2000). *Ley 27314, Ley general de residuos sólidos*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per21055.pdf>
- Conpes (2008). *Documento 3530. lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos*. Bogotá: Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- Kanat, G., & Saral, A. (2009). Estimation of Biogas Production Rate in a Thermophilic UASB Reactor Using Artificial Neural Networks. *Environ Model Assess*, 14, 607-614. <https://doi.org/10.1007/s10666-008-9150-x>
- Lettinga, G. (2005). The anaerobic treatment approach towards a more sustainable and robust environmental protection. *Water Science & Technology*, 52(1-2), 1-11. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16180404/>
- Liu, Y., Xu, H. L., Show, K. Y. et al. (2002). Anaerobic granulation technology for wastewater treatment. *World Journal of Microbiology & Technology*, 18, 99-113. <https://doi.org/10.1023/A:1014459006210>
- Mailleret, L., Bernard, O. & Steyer, J. P. (2003). Robust Regulation of Anaerobic Digestion Process. *Water Science and Technology*, 48(6), 87-94.
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Guía metodológica para la caracterización de los residuos sólidos urbanos*. Gobierno Nacional de Paraguay. https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=182765
- Ministerio de Salud y Protección Social (2012). *Resolución 2155 de 2012, por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las hortalizas que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional*.

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE PESCADOS COMO ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA ALIMENTACIÓN HUMANA Y DISMINUCIÓN DEL DESPERDICIO DE ALIMENTOS

USE OF FISH BY-PRODUCT WASTE IN DEHYDRATION AS AN ALTERNATIVE TO OBTAIN ESSENTIAL FATTY ACIDS



¹Martha Barrera Hernández, ²Lady Viviana Jaimes Ariza,
³Juan Camilo Serrano Osma

^{1,2,3}Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

Recibido: 10/10/2023 Aprobado: 30/11/2023

RESUMEN

En el 2022, según datos del sistema estadístico pesquero colombiano la pesca y la acuicultura alcanzaron una producción de 300.163 toneladas, por otra parte, en el 2022 en Bogotá se comercializaron 3.171 toneladas de pescado (Rangel *et al.*, 2022). Por lo expuesto, la industria pesquera representa grandes cantidades de residuos anualmente, lo que resulta en pérdidas económicas e impactos negativos en el medio ambiente. Estudios realizados por estudiantes del semillero de investigación Agroalimentaria SIA de la UNAD, determinaron que en un servicio hotelero se puede llegar a desperdiciar entre el 43 y 53 % en variedades de pescados como corvina, mero variedad cherna y berrugate, robalo nacional del Pacífico, bagre variedad cajaro considerando cabeza, aleta, espinazo piel y cola. Otros estudios han demostrado que dichos residuos se pueden usar de manera eficiente para múltiples propósitos: mejorar las propiedades funcionales de los alimentos, proporcionar nutrientes esenciales, obtención de gelatina, uso cosmético y en la industria de la bisutería, permitiendo el procesamiento integral de este producto. La investigación de SIA, caracterizó estos residuos, los sometió a un tratamiento de deshidratación bajo condiciones de proceso controladas y mediante análisis fisicoquímicos incluyendo cromatografía de gases de residuos y deshidratado, se determinó que estos poseen características nutricionales incluso mejores que el filete que consumimos con presencia de ácidos grasos esenciales y sus eicosanoides, resultando ser una alternativa que disminuye el desperdicio de alimentos y aporta nutrientes esenciales que solo pueden ser sintetizados a través de la alimentación. Los ácidos grasos esenciales y sus eicosanoides se relacionan con funciones neurológicas y antiinflamatorias, asimismo en la prevención de múltiples enfermedades.

Palabras clave: pescado, desperdicio, ácidos grasos esenciales, deshidratación de alimentos, cromatografía.

Citación: Barrera Hernández, M. ., Jaimes Ariza, L. V. ., & Serrano Osma, J. C. . (2023). Utilización de residuos de pescados como alternativa para el mejoramiento de la alimentación humana y disminución del desperdicio de alimentos. *Publicaciones E Investigación*, 17(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.7447>

¹ martha.barrera@unad.edu.co - <https://orcid.org/0003-3441-8168>

² vivi85.j216@gmail.com - <https://orcid.org/0000-0002-5609-0071>

³ juancaso_87hotmail.com - <https://orcid.org/0000-0001-6053-0343>

<https://doi.org/10.22490/25394088.7447>

ABSTRACT

In 2022, according to data from the Colombian fisheries statistical system, fishing and aquaculture reached a production of 300,163 tons; on the other hand, in 2022 Bogotá marketed 3,171 tons of fish (Rangel et al., 2022). Therefore, the fishing industry represents large amounts of waste annually, which results in economic losses and negative impacts on the environment. Studies carried out by students from the Agri-Food research hotbed SIA of the UNAD, determined that in a hotel service between 43 and 53% can be wasted in varieties of fish such as corvina, grouper variety grouper and Berrugate, national Pacific bass, variety catfish Cajaro considering head, fin, backbone, skin, and tail. Other studies have shown that such waste can be used efficiently for multiple purposes: improving the functional properties of foods, providing essential nutrients, obtaining gelatin, cosmetic use and in the jewelry industry, allowing the comprehensive processing of this product. The SIA research characterized these wastes, subjected them to a dehydration treatment under controlled process conditions and through physicochemical analysis including gas chromatography of waste and dehydration, determining that these wastes have nutritional characteristics even better than the fillet we consume with the presence of essential fatty acids and their eicosanoids, resulting in an alternative that reduces food waste and provides essential nutrients that can only be synthesized through food. Essential fatty acids and their eicosanoids are related to neurological and anti-inflammatory functions, as well as the prevention of multiple diseases.

Key words: Fish, waste, essential fatty acids, food dehydration, chromatography.



1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial y después de la pandemia provocada por el covid-19 la inseguridad alimentaria ha aumentado. Según cifras de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida – ECV 2022 emitida por el DANE, Bogotá tiene una prevalencia de inseguridad alimentaria grave de 4.2 % y moderada de 25,4 % y aunque son cifras que se encuentran entre los parámetros medios con respecto a los 32 departamentos colombianos, las cifras del hambre deben ser 0 y eso es indiscutible.

Los datos antes mencionados resultan de una unidad de análisis de las preguntas utilizadas en la FIES en el hogar, el cálculo del indicador para personas se realiza a través del ajuste de los pesos muestrales, los resultados encontrados para Colombia son los siguientes: Prevalencia de inseguridad alimentaria moderada o grave en la población: 30,8 %, Población total en situación de inseguridad alimentaria moderada o grave: 15 millones 560 mil personas, Prevalencia de inseguridad alimentaria grave en la población: 5,2 %, Población total en situación de inseguridad alimentaria grave: 2 millones 638 mil personas, cifras que, aunque

como se señaló anteriormente dejan a Bogotá dentro de la media, no dejan de ser preocupantes.

Por lo expuesto, desde la academia se debe contribuir a la disminución de los desperdicios alimentarios, creando conciencia de nuevas formas de producir y consumir, asimismo, investigando alternativas de obtención de alimentos altamente nutritivos a partir de los mal llamados desperdicios alimentarios, porque, aunque resulta alentador constatar que la desnutrición está cayendo a nivel mundial, casi el 11 % de la población sigue acostándose con hambre, y las carencias de micronutrientes afectan a más de dos mil millones de personas (FAO, 2017). La propuesta del deshidratado a partir de residuos de pescado elaborado en esta investigación asegura el consumo de ácidos grasos esenciales indispensables en una nutrición equilibrada para niños y ancianos, es de fácil réplica y puesta en marcha, bajos costos, disminuye el impacto ambiental de los desperdicios alimentarios y desde el punto de vista de un emprendimiento resultaría adecuado para crear empresa del tipo de cooperativa solidaria.

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la obtención del deshidratado es experimental, se parte de los residuos de pescado (cabeza, cola, aletas, espinazos y piel) obtenidos de una cadena de servicios hoteleros congelados bajos condiciones de BPM, partiendo de diferentes formulaciones teóricas y balance de materia, para determinar la más idónea que cumpla con la elaboración del deshidratado. Se efectúa una caracterización fisicoquímica de los residuos en mención con base en su aptitud frente al proceso de deshidratación, asimismo, se determina la composición de residuos y producto en macro y microelementos. El perfil de ácidos grasos presente se llevó a cabo mediante la obtención y cuantificación de sus metilésteres por GC-FID, según método de extracción Soxhlet automatizado y las Normas ISO 12966-1:2014; ISO 12966-2:2017 buscando que mediante la deshidratación se pueda desarrollar un deshidratado que cumpla con requerimientos nutricionales, microbiológicos y sensoriales para poder ser utilizado como alternativa alimentaria o de enriquecimiento de caldos y salsas. Las curvas de deshidratación se evaluaron mediante 5 diferentes variables tiempo-temperatura (diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial). Se utilizan como pre-experimentos varias técnicas de deshidratación incluyendo liofilización, determinando como la más adecuada y de mejores resultados la realizada con horno tipo combinado por convección.

3. RESULTADOS

En la muestras analizadas, se encontró presencia de 16 ácidos grasos saturados, 7 ácidos grasos monoinsaturados y 10 ácidos grasos polinsaturados que dentro del conjunto revisten especial interés por su cantidad dentro de la mezcla y su importancia funcional y nutricional por ser considerados del tipo esenciales.

La composición en el alimento deshidratado es comparable con porcentajes encontrados en filetes de pescado azules y mariscos. Dentro de los resultados encontramos 10 ácidos grasos polinsaturados y no hay

presencia de grasas trans. En cuanto a la caracterización fisicoquímica de los residuos se encontró que la media del porcentaje de proteínas presentes en los residuos de pescado crudo (23,61 %), está por encima de los valores medios encontrados por otros autores (Stansby, 1962), (Love, 1970) en filetes de diferentes tipos de pescado (16 y 21 %), así mismo, por arriba de las recomendaciones nutricionales emitidas por la FAO (2008), en términos de kcal/100 g. En el grupo de los ácidos grasos poliinsaturados se destacan en su orden de mayor a menor el docosahexanoico (DHA), eicosapentaenoico (EPA), araquidónico, linoleico, linolénico aumentando en todos los casos a excepción del EPA que pasa de 123 a 93 mg/100 g de muestra condición que se le puede atribuir a la mezcla, proceso tecnológico y otros factores relacionados con la matriz alimentaria formada, por lo tanto, el dato se convierte en objeto de nuevos estudios.

Son de especial interés en el estudio el ácido linoleico y el ácido linolénico en proporciones de 22 y 7 pasando en el deshidratado a 322 y 104 mg/100 g de muestra, hecho destacable si se tiene en cuenta su papel en el metabolismo y que son precursores metabólicos de los ácidos eicosapentaenoico (EPA), docosahexanoico (DHA) y ácido araquidónico (AA) presente también en la muestra.

El AA se encuentra en la muestra desde un 59 a 76 mg/100 g de muestra cruda y deshidratada en su orden, este es considerado el principal precursor de las prostaglandinas 1 y 2. Es importante hay que recordar que las prostaglandinas son mensajeros autocrinos y paracrinos.

4. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el desperdicio de alimentos se ha convertido en un problema ambiental y social, la aplicación de los resultados de la investigación es una alternativa viable en la disminución de desperdicios de alimentos, aportando a la disminución del impacto ambiental de estos residuos y por otra parte desde el punto de vista nutricional puede aportar en el mejoramiento de la ingesta de elementos nutricionales

esenciales para el desarrollo del cerebro de niños y prevención de enfermedades en adultos.

Siendo el pescado un producto de bajo consumo por la población vulnerable, la puesta en marcha de este producto no solo es una alternativa nutricional para el consumo de nutrientes esenciales solo asimilados por la alimentación, además, es una iniciativa de emprendimiento de fácil replicabilidad y buenos beneficios sociales y ambientales.

La investigación, puede ser replicable en Bogotá. Según palabras de la periodista Johanna Lorduy de la revista *Portafolio*, los restaurantes están en modo supervivencia, la deshidratación de residuos resultaría una alternativa de emprendimiento para este sector, ya que solo necesitaría una mínima inversión. En cuanto a maquinaria, estos establecimientos cuentan con horno combinado bajo conceptos de deshidratación por convección.

Los resultados de la investigación son importantes como aporte a los objetivos de desarrollo sostenible de hambre cero y cero emisiones, asimismo, están en coherencia con planes y programas gubernamentales relacionados con el eje tres del plan de desarrollo nacional y objetivos de desarrollo sostenible.

En la caracterización del producto deshidratado se determinó que, en su composición en macro y micronutrientes, las proteínas y los ácidos grasos esenciales tipo omega 3 y 6 con los precursores de DHA, EPA se encuentran presentes en cantidades tales que pueden suprir necesidades nutricionales diarias.

La composición en el alimento deshidratado es comparable con porcentajes encontrados en filetes de pescado azules y mariscos. Son importantes estos hallazgos ya

que los alimentos con Omega 3, 6 y 9, no son accesibles a población vulnerable, incluso a la clase media en nuestro país. Estos micronutrientes son de interés nutricional ya que el cuerpo no los produce de forma natural y se ha comprobado que previenen enfermedades cardiovasculares, y neurológicas. Además de poseer propiedades que evitan la inflamación y aumentan el colesterol bueno.

REFERENCIAS

- Bohinski, R. C. (1998). *Bioquímica*. Addison Wesley.
- Bucio, S. L. (2015). *Valorización de subproductos de la industria pesquera: obtención de derivados lipídicos ricos en ácidos grasos poliinsaturados y de concentrados de harina de pescado con bajo contenido en grasa*. Tesis de doctorado). Universidad de Burgos. https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/39791/Bucio_L%23oB3pez.pdf?sequence=1&isAllowed=
- DANE (4 de julio del 2023). Encuesta Nacional de Calidad de Vida-ICV. *Boletín Técnico de Inseguridad Alimentaria*. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/FIES/bol-FIES-2022.pdf>
- FAO (2017). *Futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos* <https://www.fao.org/3/i6881s/i6881s.pdf>
- FAO. (1998). El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. *Documento técnico de Pesca 348*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/3/v7180s/v7180s05.htm#4.3%20proteínas>
- Lorduy, J. (18 de enero del 2023) Sector gastronómico en Colombia se encuentra en “modo supervivencia”. *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/sector-gastronomico-en-colombia-se-encuentra-en-modo-supervivencia-577030>
- Love, R. M. (1970). *The Chemical Biology of Fishes*. Academic Press.
- Rangel-Durán, M. R., Cruz-Daza, I.D., De La Hoz-Maestre, J. & Manjarrés-Martínez, L. (2022). *Comercialización de productos pesqueros en 21 ciudades de Colombia durante el periodo enero-octubre de 2022*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Bogotá.
- Stansby, M. E. (1962). Proximate composition of fish. En E. H. Kreuzer. *Fish in nutrition* (pp. 55-60). Fishing News Books.

GENERACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS Y DESPERDICIOS DE ALIMENTOS. APRENDIZAJES DESDE LA MAESTRÍA EN SOBERANÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

GENERATION AND REDUCTION OF FOOD LOSSES AND WASTE. LEARNING FROM THE MASTER'S DEGREE IN SOVEREIGNTY AND FOOD AND NUTRITIONAL SECURITY AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF COLOMBIA



¹Macarena Jara Nercasseau, ²Sandra Patricia Olano Delgado,
³Álvaro Parrado Barbosa

¹Universidad San Sebastián, Chile
^{2,3}Universidad Nacional de Colombia

Recibido: 10/10/2023 Aprobado: 30/11/2023

RESUMEN

Las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) han venido ganando visibilidad en la agenda académica y política latinoamericana como un problema de gran magnitud, con graves repercusiones ambientales, éticas, sociales y económicas, pero a su vez se están generando políticas, estrategias y acciones para contribuir a su reducción e incidencia. La maestría en Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad Nacional de Colombia no ha sido ajena a esta situación y desde su creación en el año 2015 ha venido estudiando el tema desde las investigaciones realizadas por estudiantes y profesores de diversas disciplinas, analizando sus causas, repercusiones y las alternativas para la reducción de PDA en diferentes espacios, incluyendo las pérdidas generadas en los procesos de producción y distribución de papa criolla en Nariño y Cundinamarca y de hortalizas en la Zona Central de Chile, así como los desperdicios que se dan en la mayor institución educativa escolar pública de Bogotá y en dos instituciones educativas del municipio capital de Arauca. Los aprendizajes obtenidos a través de los procesos de investigación participativa recogen las vivencias y percepciones de quienes se relacionan con las PDA desde la producción, la distribución y consumo de alimentos, y aportan nuevas miradas y estrategias para contribuir a lograr su reducción y manejo de manera sostenible.

Palabras clave: pérdidas y desperdicios de alimentos, modelos de producción y comercialización de alimentos, programas de alimentación escolar, políticas públicas, seguridad alimentaria y nutricional.

Citación: Jara Nercasseau, M., Olano Delgado, S. P., & Parrado Barbosa, Álvaro. (2023). Generación y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos. Aprendizajes desde la Maestría en Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad Nacional de Colombia. *Publicaciones E Investigación*, 17(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.7448>

¹ mjaran@docente.uss.cl - <https://orcid.org/0000-0002-4124-8964>

² solano@unal.edu.co - <https://orcid.org/0009-0007-6194-360X>

³ japarradob@unal.edu.co - <https://orcid.org/0000-0002-7095-9693>

ABSTRACT

XFood loss and waste (FWL) has been gaining visibility in the Latin American academic and political agenda as a problem of great magnitude, with serious environmental, ethical, social and economic repercussions, but at the same time policies, strategies and actions are being generated to contribute to its reduction and incidence. The Master's Degree in Sovereignty and Food and Nutritional Security of the National University of Colombia has not been oblivious to this situation and since its creation in 2015 has been studying the issue from research conducted by students and professors from various disciplines, analyzing its causes, repercussions and alternatives for the reduction of FLW in different spaces, including the losses generated in the processes of production and distribution of creole potatoes in Nariño and Cundinamarca and vegetables in the Central Zone of Chile, as well as the waste occurring in the largest public school educational institution in Bogotá and in two educational institutions in the capital municipality of Arauca. The lessons learned through the participatory research processes gather the experiences and perceptions of those who are related to FLW from the production, distribution and consumption of food, and provide new perspectives and strategies to contribute to achieve their reduction and sustainable management.

Key words: Food loss and waste, food production and marketing models, school feeding programs, public politics, food and nutrition security.



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Pérdidas y desperdicios de alimentos: un “nuevo” desafío ambiental, alimentario y global

Si bien las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) no son un problema de reciente aparición, su visibilización y aparición en la agenda pública se ha dado principalmente en el presente siglo.

Las PDA se definen como la reducción de la cantidad o la calidad de los alimentos en la cadena de suministro alimentario, siendo las pérdidas de alimentos aquellas que se producen desde la cosecha, el sacrificio o la captura hasta el nivel mayorista, mientras que el desperdicio de alimentos se produce en el nivel de la venta al por menor y el consumo (FAO, 2019).

Alrededor del 14 % de los alimentos en todo el mundo se pierden. De estos, un 8,6 % corresponde a cereales y legumbres; 21,6 % de frutas y hortalizas; 11,9 % carne y productos de origen animal; 25,3 % raíces, tubérculos y cultivos oleaginosos; y 10,1 % otros.

Por otro lado, se estima que 931 millones de toneladas de alimentos, o el 17 % del total de alimentos disponibles para los consumidores, se desperdician, es

decir, se destinan a la basura de hogares, minoristas, restaurantes y otros servicios alimentarios (PNUMA, 2021). Sumadas las pérdidas y desperdicios de alimentos, constituyen alrededor de la tercera parte de la producción global.

Los esfuerzos globales por reducir las PDA han sido insuficientes frente al constante incremento de este fenómeno; de acuerdo al informe “Perspectivas agrícolas 2023-2032”, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la FAO (2023), en la década de 2012 a 2022 las pérdidas se incrementaron a nivel global en 9 % y los desperdicios en 32 %, y se espera que para el 2032 estos incrementos lleguen al 24 % en el caso de las pérdidas y a un preocupante aumento del 71 % de los desperdicios, alcanzando 157 Mt y 234 Mt, respectivamente.

En América Latina y el Caribe se pierde el 11,6 % de los alimentos. Esto equivale a 220 millones de toneladas de alimentos/año, 330 kg/cápita/año (FAO, 2019).

Varios países latinoamericanos cuentan actualmente con políticas de reducción de PDA. En el caso

de Colombia, existe la Ley 1990 de 2019, que prioriza las donaciones de alimentos próximos a desperdiciarse a través de los bancos de alimentos, dando beneficios tributarios especialmente a grandes empresas que realizan dichas “donaciones”, como lo ha venido impulsando a nivel internacional la alianza entre grandes multinacionales agroindustriales, organismos multilaterales y la Red Global de Bancos de Alimentos; sin embargo, el impacto de los bancos de alimentos ha sido marginal en la reducción de PDA, mientras estas siguen incrementándose (Montagut & Cascón, 2014; BID, 2022). La Ley 1990 no define acciones concretas para mejorar la eficiencia de la cadena de suministro de alimentos, ni sanciones a quienes generan grandes volúmenes de PDA (Rodríguez, 2021). Se ha venido gestionando un proyecto de ley para modificar la Ley 1990, pero que mantiene el énfasis en estas cuestionadas donaciones de alimentos (Proyecto de Ley 013 de 2022).

En cuanto a Chile, existe un proyecto de ley en discusión desde el año 2015 que busca regular la distribución de alimentos aptos para el consumo humano, dándole carácter de urgencia simple en la Cámara de Diputados recién el año 2022. A su vez, el año 2020 se modificó la Ley de Impuesto a la Renta, cuyo objetivo fue incentivar, a través de su reconocimiento como gasto necesario para producir la renta, la donación de alimentos aptos para el consumo humano a instituciones sin fines de lucro, las que a su vez los entregarán a personas o entidades de escasos recursos. Sin embargo, cabe mencionar que en el país se desconoce la situación real y actual de las PDA que ocurren en los distintos eslabones de la cadena de suministro de alimentos, tanto para productos vegetales como pecuarios (Eguillor, 2019), los cuales son necesarios a la hora de tomar decisiones sobre cómo y dónde actuar para enfrentar esta problemática.

Dentro de la región, se han venido desarrollando algunos estudios de caso relacionados con las temáticas trabajadas en el presente artículo. Reina (2017) analiza el sistema logístico de distribución implementado por productores vinculados al proceso de mercados campesinos, estableciendo la relación entre

calidad de los alimentos y operación logística, encontrando entre un 5-7 % de pudrición de los alimentos perecederos analizados durante el proceso de poscosecha y transporte.

Por su parte, Fajardo & Sangacha (2020) analizan el impacto de las pérdidas de frutas y vegetales en términos biofísicos en el mercado mayorista de la ciudad de Quito, Ecuador, calculando las pérdidas ambientales en términos de agua, suelo y energía. Como resultado, se obtuvo que se utilizaron 13,52 hectáreas de suelo; 71.668 metros cúbicos de agua; 8.418 horas de actividad humana; 57.989 Megajulios (MJ) de energía de transporte; 1.210 kg/ha de fertilizantes y 17,93 kg/ha de plaguicidas en producir alimento que no fue aprovechado.

Alfonso (2015) encontró que entre el año 2012 y 2017, se estimaron en 1.6 millones de ha el área sembrada con 27 alimentos prioritarios que no se cosecharon, de las que se hubieran podido extraer 11,7 toneladas de alimentos cuyo contenido se estimó en 18,8 millones de kilocalorías (kcal). Además, estimó que con las pérdidas de áreas cosechadas es posible alimentar anualmente a 3.940.286 personas, equivalentes a 2.620 kcal diarias con los nutrientes que garantizarían una vida saludable en las diferentes regiones de Colombia. Esta cifra equivale al 71,6 % de los colombianos que padecen hambre y que en la actualidad se calcula que alcanzan los 5,5 millones de personas.

Referente al estudio del Programa de alimentación escolar, este ha sido abordado por investigadores de la implementación de la política en distintos escenarios, permitiendo compilar información en cuanto al cumplimiento de los PAE en el país (mejorar el nivel educativo y la permanencia escolar, el aporte nutricional y el grado de corrupción de este tipo de programas); sin embargo, existe escasa literatura acerca del desperdicio que se generan por el no consumo de alimentos por parte de los beneficiarios.

El estudio de caso: *La gestión de la alimentación escolar en Santiago de Cali y Bogotá D.C.*, cuyo objetivo de investigación giró alrededor del papel del Estado

frente a la problemática del hambre y la manera como gestiona en aras de combatirla; en los resultados descriptos se reportó que en el horario de la mañana el consumo de alimentos es del 85,0 % de los niños, mientras que en la tarde es de alrededor del 50,0 %; situación que desencadena una alta cantidad de sobrante (Díaz, Montoya, & Montoya, 2011).

El proyecto piloto denominado “Inclusión de la gastronomía en los programas de alimentación escolar” (IGPAE), llevado a cabo en colaboración entre la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Alcaldía de Barranquilla y su Secretaría de Educación Distrital, tuvo como objetivo mejorar la calidad gastronómica en uno de veintiún menús establecidos en el ciclo de la minuta escolar en una institución educativa de Barranquilla; a través de una capacitación especializada impartida por un chef profesional a manipuladoras de alimentos del PAE. Como resultado directo de esta intervención, se observó una mejora sustancial en la calidad de las comidas servidas a los estudiantes; además, se logró una reducción significativa en la cantidad de desperdicios de alimentos, con una disminución promedio de 87,6 gramos por estudiante al día. En el informe también se calculó una optimización de recursos de 159.345,2 USD por año escolar. De la misma manera, se estimó que el desperdicio de alimentos que se prevendría en toneladas se obtiene un valor de 99,7 toneladas por año escolar (FAO, 2021).

Así, en la primera sección de este artículo se abordan las pérdidas de alimentos que se generan en los procesos de producción y distribución de papa criolla en Nariño, en Cundinamarca y de hortalizas en la Zona Central de Chile. En la segunda sección, se analizan los desperdicios que se dan en la mayor institución educativa escolar pública de Bogotá y en dos instituciones educativas del municipio capital de Arauca, así como las estrategias de reducción que se han venido implementando. Al final se sintetizan los principales aprendizajes que arrojan estos cuatro estudios de caso y las recomendaciones para lograr una efectiva reducción de las PDA.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este artículo se basa en cuatro investigaciones de trabajo final de la maestría en Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad Nacional de Colombia.

Respecto al trabajo final que aborda las pérdidas de hortalizas en la Zona Central de Chile, éste se desarrolló bajo una metodología de tipo cualitativa, recolectando información a partir de fuentes primarias enfocada en las percepciones de 11 productores de hortalizas residentes de la Zona Central de Chile y que trabajasen con modelos de producción agroecológica o convencional, y que comercializaran a través de los canales tradicional, de retail, de la agroindustria o circuitos cortos de comercialización (CCC). También se entrevistó a 8 extensionistas rurales, cuya experiencia en producción y comercialización de hortalizas y su relación directa con productores, permitió lograr una mayor riqueza, amplitud y profundidad de la información. Los participantes fueron contactados combinando un muestreo por conveniencia y por “bola de nieve” y entrevistados vía online dada la contingencia sanitaria de covid-19. Previo a la recolección de información, se realizó una fase preliminar que constó de la revisión de fuentes secundarias, diseño y pilotaje de los instrumentos de recolección de información, los cuales fueron entrevistas semiestructuradas y entrevistas en profundidad.

Finalmente, el proceso de organización y análisis de la información se realizó con el uso del software Atlas.ti versión 9.0.16.0 (2020) a partir de la codificación abierta y axial.

En cuanto al trabajo final que estimó las pérdidas de papa criolla, se utilizó un enfoque mixto, aplicando la metodología de *Global Food Loss and Waste Measurement Protocol* y la de Circuitos de producto de origen campesino. Esta última, consiste en hacer un seguimiento presencial al producto y a los actores que intervienen mediante un recorrido por todos y cada uno de los agentes que pertenecen a los eslabones de la cadena de comercialización, desde la cosecha, pasando por la venta al intermediario rural, hasta la disposición final en el centro mayorista.

Adicionalmente, se aplicó una encuesta semiestructurada a 30 informantes clave (actores claves de la cadena alimentaria), a partir de las cuales se buscó estimar la pérdida del producto agroalimentario desde la cosecha hasta la venta en los centros de acopio. El análisis de datos se realizó con software Kobocollet.

Referente al trabajo de análisis del desperdicio de alimentos en el almuerzo escolar del Colegio Distrital Ciudadela Educativa, una mirada desde las dimensiones de la seguridad alimentaria y nutricional, el estudio se basó en un enfoque mixto, que integró tanto métodos cualitativos como cuantitativos. En cuanto al enfoque cualitativo, se basó en observaciones etnográficas, sin intervenciones directas en las interacciones de los actores involucrados en el suministro de almuerzos. Para la parte cuantitativa, se seleccionó cinco de los veintidós menús que hacían parte del ciclo de almuerzos y utilizó la metodología de “registro por pesaje” de alimentos complementada con la técnica de “plato duplicado”.

En lo relacionado al estudio sobre reducción de desperdicios de alimentos en instituciones educativas de jornada única, en el contexto del programa de alimentación escolar del municipio de Arauca se contempló una metodología mixta, con enfoque cuantitativo, de clasificación observacional descriptivo. Este estudio se centró específicamente en el complemento alimentario almuerzo, en la modalidad ración para preparar en sitio, en la Institución Educativa Agropecuario Municipal ubicada en zona rural de Arauca y la I. E. Gustavo Villa del área urbana del municipio de Arauca. El trabajo se llevó a cabo siguiendo una metodología estructurada en etapas secuenciales. Inicialmente se definió el alcance del estudio, luego se desarrolló el trabajo de investigación, en el que incluyó el análisis bibliométrico y de contenido. Seguidamente se desarrollaron las actividades por etapas, entre las que se incluyeron: planificación, que englobó la recopilación de requisitos de alto nivel; seguida de la etapa de preparación, en la cual se precisó el análisis observacional del proceso productivo del PAE; además se abordó la etapa de consumo, que implicó la medición

y análisis de alimentos preparados. Por último, se aplicó una encuesta tipo entrevista que integró tanto el análisis de la planificación y de consumo.

3. DESARROLLO

3.1 Pérdidas de alimentos frente a los modelos de producción y comercialización en dos casos de Colombia y Chile

Resulta paradójico que habiendo 735 millones de personas que padecen hambre, cada año se pierdan alrededor del 14 % de los alimentos en todo el mundo. Debido a sus impactos ambientales, económicos y sociales, su prevención y reducción contribuye a la sostenibilidad del medio ambiente y al logro de la seguridad alimentaria y nutricional.

A raíz de que en Chile se desconoce la situación de esta problemática, el presente trabajo tuvo por objeto aproximarse a las pérdidas de alimentos (PA) hortícolas en la Zona Central de Chile, estudiando sus relaciones con distintos modelos de producción y estrategias de comercialización, además de sus repercusiones en las dimensiones de la seguridad alimentaria y nutricional como en los principios de la soberanía alimentaria.

Como resultado, se encontraron diversas y complejas relaciones entre las variables estudiadas, dentro de las cuales se destaca como causantes más mencionadas de las PA por las y los productores agroecológicos aquellas asociadas a la etapa de producción, tales como las plagas y enfermedades y aspectos técnicos, mientras quienes producían de forma convencional señalaron factores asociados a la comercialización, tales como estándares de calidad exigidos y condiciones del mercado.

A su vez, como estrategias de comercialización, los productores agroecológicos en su mayoría utilizaban la venta de canastas de alimentos a domicilio o venta directa en el predio a feriantes o intermediarios, mientras quienes producían de manera convencional, sus principales estrategias de comercialización se basaban en la venta a intermediarios, mayoristas o feriantes, y otros le vendían directamente al supermercado o a la agroindustria.

Las y los agricultores perciben una repercusión principalmente económica producto de lo que no logran cosechar o vender, aunque son conscientes de cómo factores estructurales y de tipo ambiental inciden en esta problemática, los que se encuentran fuera de su alcance y los limitan en llevar a cabo acciones para su mitigación. Complementariamente, aunque no se presenten PA, persiste una pérdida económica ligada a las estrategias de comercialización, donde se termina vendiendo sin un margen de ganancia, o sin cubrir los costos de producción.

Transversal al modelo de producción, todas las y los agricultores realizan estrategias de recuperación de las PA, siendo los principales destinos los abonos orgánicos, donaciones a terceros y la alimentación animal.

Con base en los resultados presentados por Jara (2021), quienes producen de manera agroecológica y comercializan sus productos mediante canastas de alimentos, aportan más a los principios de la soberanía alimentaria en relación a la mitigación de las pérdidas de alimentos. No obstante, el acceso a recursos tales como agua y tierra, repercute transversalmente al modelo de producción, siendo un aporte a la SoA y a la disminución de las pérdidas de alimentos cuando se tiene acceso y control sobre ellos.

En relación a la pérdida de papa criolla, grupo Phureja de las variedades ocarina, suapa y dorada, en un circuito largo de comercialización ésta se pierde un 6 % durante la cosecha principalmente por daños mecánicos, fisiológicos, y asociados a plagas y enfermedades. Además, un 60 % de los encuestados considera que las pérdidas generadas se dan por los cambios de clima durante la fase de producción, factor que afecta la productividad y calidad del alimento, seguido de un mal manejo de la producción a causa de la falta de asistencia técnica y el desconocimiento para un adecuado manejo agronómico. En tanto las condiciones inadecuadas del suelo y las pérdidas asociadas a patógenos que se presentan durante la producción y cosecha resulta ser para el 40 % de los entrevistados la causa directa que mayor incide en la pérdida en el cultivo de papa amarilla. Por último, la incidencia de plagas y la

baja calidad de la semilla resulta ser para el 30 % y 20 % de los actores claves entrevistados la principal causa de la pérdida de producto.

Se identifica que dichas pérdidas están condicionadas por la baja calidad que tiene el producto a la hora de recolectar, siendo una tercera causal de pérdida o no venta.

Para las siguientes etapas de la cadena de suministro, se estima una pérdida de papa criolla de menos del 1 % en el almacenamiento, en el transporte y descarga, y casi un 3 % en el centro de acopio y selección (Rubiano, 2017).

Se concluye que es relevante ampliar el análisis de esta problemática dada su complejidad según las variables estudiadas, identificando la etapa de comercialización y variables de tipo estructural como las principales responsables en la generación de pérdidas en manos de las y los agricultores. Al respecto, para contribuir a la prevención y reducción de las pérdidas de alimentos, éstas deben abordarse desde variables de tipo ambiental, social, económico y político, donde, tanto la seguridad alimentaria y nutricional como la soberanía alimentaria deben tener cabida.

3.2 Reducción de desperdicios de alimentos en programas de alimentación escolar de Bogotá y Arauca

La problemática del desperdicio de alimentos adquiere una significativa relevancia en el marco de la seguridad alimentaria y nutricional, especialmente cuando se consideran programas destinados a atender a poblaciones vulnerables, como el Programa de Alimentación Escolar (PAE).

Este programa está diseñado como una de las principales estrategias del sector educativo que busca contribuir al acceso y permanencia de los niños, las niñas, adolescentes y jóvenes en edad escolar que están registrados en la matrícula oficial; a través del suministro de un complemento alimentario, durante la jornada escolar. Este complemento cubre un porcentaje de las Recomendaciones diarias de energía y nutrientes por nivel educativo y tipo de ración en un tiempo de

comida, los cuales se establecen en la minuta patrón, diseñada por un profesional en nutrición y dietética. La modalidad de atención depende a su vez de los ambientes donde se presta el servicio de alimentación escolar, entre las que se encuentran: preparada en sitio, comida caliente transportada e industrializada. El servicio es operado por una firma contratista, bajo la supervisión de una interventoría externa.

La operación del PAE se realiza principalmente a través de procesos de tercerización con entidades privadas, lo que ha llevado a su mercantilización y a la baja participación de las comunidades locales. A pesar de que la Ley 2046 de 2020 de compras públicas de alimentos establece que el 30 % de las compras se deben realizar en el ámbito local, no existen mecanismos adecuados y flexibles para la contratación y el abastecimiento de alimentos producidos por campesinos (Valderrama & Parrado, 2023).

El estudio realizado por Arévalo evidenció una situación importante en el Programa de Alimentación Escolar (PAE) en Bogotá. La cobertura en alimentación escolar pasó de 275.300 raciones diarias, en modalidad de refrigerios para el año 2004 a 842.078 raciones diarias en 2016, incluyendo refrigerio escolar (699.813 raciones) y comida caliente (142.265 raciones entre desayuno y almuerzo) respectivamente. Este incremento en el suministro de alimentos, estuvo acompañado de un aumento notable en el desperdicio de alimentos en los comedores escolares, siendo más evidente en la modalidad de almuerzo, donde se observó altos índices de no consumo por parte de los estudiantes.

El trabajo tuvo por objetivo analizar el desperdicio generado en el almuerzo escolar del PAE del Distrito en el Colegio Ciudadela Educativa, ubicado en la localidad de Bosa (Bogotá, D.C.), relacionando su impacto con las categorías “disponibilidad” y “consumo”, relativas a la seguridad alimentaria y nutricional (Arévalo, 2016).

Los resultados revelaron que, de un total de 2.160,9 kilogramos de alimentos preparados durante una semana, aproximadamente 344,2 kilogramos fueron desechados, lo que representó un 15,93 % de

desperdicio de alimentos. Los mayores niveles de desperdicio se observaron en las preparaciones que contenían cereales, ensaladas y proteínas, especialmente cuando se combinaban con otros ingredientes. Además, se destacó que las bebidas, como el jugo de manzana, tuvieron los índices más bajos de consumo por parte de los estudiantes. En contraste, alimentos como los tubérculos, raíces, plátanos y fritos registraron menores porcentajes de desperdicio, y los postres fueron consumidos en su totalidad.

Como conclusión, el estudio destacó la necesidad de abordar el desperdicio de alimentos en el contexto escolar y entre las recomendaciones presentadas, incluyó el aumento del acompañamiento docente y la implementación de acciones pedagógicas relacionadas con hábitos de alimentación saludable. Estas medidas se han propuesto como estrategias para reducir el desperdicio y mejorar la eficacia del PAE en Bogotá, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y nutricional de los estudiantes.

Respecto al caso de estudio en el municipio de Arauca, teniendo en cuenta que a lo largo de la cadena de producción intervienen varios factores relevantes que afectan la seguridad alimentaria, como lo son el desperdicio de alimentos y la sustentabilidad ambiental, este trabajo buscó responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo reducir el desperdicio de alimentos generados en las instituciones educativas de jornada única del municipio de Arauca, en el marco del Programa de Alimentación Escolar (PAE)?, planteando como objetivo general diseñar estrategias para la reducción de desperdicios de alimentos. Para el desarrollo de la investigación se utilizó una metodología mixta, con enfoque cuantitativo, de clasificación observacional descriptivo, que permitió entender los motivos por los cuales se generan desperdicios de alimentos preparados y suministrados en comedores escolares de las instituciones educativas Agropecuario Municipal y Gustavo Villa del municipio de Arauca, cuyos resultados permitieron entrar a proponer estrategias de acción para reducirlos, adaptadas a las necesidades del Programa de Alimentación Escolar del municipio.

Los resultados obtenidos del trabajo de profundización, mostraron una clara visión de las causas que llevan a que los escolares no consuman la totalidad de los alimentos proporcionados en el marco del programa de alimentación escolar en las instituciones educativas de jornada única del municipio de Arauca. Algunos de los factores identificados incluyen: incumplimiento por parte del operador frente a los lineamientos y anexos técnicos del programa, inadecuadas prácticas de manufactura por parte del personal manipulador, preparación de alimentos sin tener en cuenta las cantidades e ingredientes establecidos en la minuta patrón, preferencias individuales, preparación y presentación de los alimentos, temperaturas inadecuadas, menús poco atractivos, especialmente ensaladas, falta de menaje para la entrega del complemento y falta de participación estudiantil en las decisiones alimentarias.

4. DISCUSIÓN: APRENDIZAJES Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Los trabajos de grado que abordan las pérdidas de alimentos en las etapas de producción y de comercialización, a pesar de aplicar distintas metodologías para estimar como comprender las causas y repercusiones de las PDA en las distintas dimensiones de la SAN, convergen en la necesidad de llevar a cabo estrategias estructurales que aborden la problemática de pérdidas de alimentos de manera integral, y que contemplen acciones a lo largo de toda la cadena de suministro de alimentos. En ese sentido, si las PA dependen en parte de quiénes producen alimentos, cómo ellos los producen y cómo se comercializan, su contribución para reducirla debe realizarse en un sistema donde además de la SAN, la SoA tenga cabida y el acceso a recursos no se vea restringido o mermado por intereses económicos, ya que el sustento de la agricultura y la mitigación de las PA depende de las facilidades de acceso a los recursos productivos, los modelos de producción y de las políticas públicas que rigen.

Así, contar con marcos normativos, institucionales y reglamentarios habilitantes, que sean integrales,

que aspiren a la sostenibilidad y que atiendan a las distintas realidades locales, es fundamental. Dichos marcos deben, entre otras cosas, facilitar la coordinación y cooperación entre los diversos actores. En Chile, por ejemplo, el Ministerio de Salud juega un rol esencial, pero también el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Medio Ambiente, y todos estos actores y sus iniciativas y responsabilidades deben estar correctamente delimitadas y articuladas. Otro eje al que debe contribuirse es mejorar la infraestructura y, para ello, una ley puede establecer responsabilidades, obligaciones, incentivos y fuentes de financiamiento.

En esa misma línea, ninguna política pública puede ser efectiva sin una base empírica sólida con datos claros sobre las PDA, que permita conocer la magnitud del problema y en qué etapa de la cadena de suministro se están dando dichas PDA. Por lo tanto, un marco normativo debe contemplar mediciones y evaluaciones regulares que permitan tomar mejores decisiones, contemplado también el financiamiento necesario para ello. Así, la generación de investigación y desarrollo también requerirá de capacitaciones y fomento para ser inclusiva.

Además, es esencial sensibilizar y educar sobre las implicancias de las PDA, estrategia transversal que aplica para todos los actores y sectores involucrados. Por ello, también es importante establecer mecanismos de articulación y trabajo intersectorial entre todas las partes involucradas y en todas las etapas de la cadena.

En lo que respecta a los desperdicios de alimentos, teniendo en cuenta las causas más frecuentes que los generan en la operación del PAE, iniciando desde la etapa de recepción, almacenamiento y conservación de materia prima, alistamiento, etapa de transformación (producción y preparación de alimentos); pasando por la entrega del complemento alimentario y finalmente hasta llegar a la etapa de consumo; se requiere una estrategia efectiva que vaya desde la capacitación continua al personal del manipulador en buenas prácticas de manufactura (BPM), alimentación saludable, estandarización de recetas y porciones; así como en técnicas de preparación y presentación de alimentos.

El involucramiento de profesionales gastronómicos, es un aliado fundamental en este proceso.

De acuerdo a los resultados y discusión obtenidos en cada una de las etapas operativas del programa de alimentación escolar, se estableció que la inclusión de la gastronomía es una propuesta integral que permite reducir el desperdicio de alimentos generados en los comedores escolares, la cual debe estar acompañada por el ajuste en algunos menús establecidos en la minuta patrón, con opciones más alineadas a la cultura local y gustos de la población escolar. Así mismo es importante mayor rigurosidad y efectividad por parte del personal de interventoría, para asegurar y velar por el cumplimiento de lo que está consignado en los documentos técnicos del programa de alimentación escolar. Finalmente se recomienda que haya interventoría para la etapa de consumo, pues al parecer se limita solo a la etapa de preparación, y no hay evaluación a fondo de los aspectos que pueden favorecer el consumo de los niños y niñas beneficiarios del programa, así como de los recursos invertidos en la transformación del alimento.

La coincidencia en los resultados obtenidos en estudios previos realizados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y en trabajos de profundización sobre la reducción de desperdicios de alimentos en programas de alimentación escolar en Bogotá y Arauca, pone de manifiesto una problemática recurrente y preocupante: el desperdicio de verduras. La necesidad de llevar a cabo intervenciones efectivas, incluyen desde mejorar las prácticas de manejo y preparación en los comedores escolares hasta implementar programas de sensibilización y educación para estudiantes sobre la importancia de consumir verduras de manera responsable. Es esencial que las autoridades educativas y los proveedores de alimentos colaboren estrechamente para desarrollar estrategias específicas que reduzcan el desperdicio de verduras en los programas de alimentación escolar. Al abordar esta problemática de manera efectiva, se puede no solo mejorar la nutrición de los estudiantes, sino también optimizar el uso de recursos y reducir el impacto ambiental asociado al desperdicio de alimentos.

5. CONCLUSIONES

Las pérdidas y desperdicios de alimentos son un problema de gran relevancia actual en la agenda política global, incluyendo los países de América Latina, que han desarrollado políticas públicas y estrategias para reducir la generación de PDA, pero que hasta el momento han sido insuficientes frente al incremento de estas.

Las investigaciones en las que se basa este capítulo, coinciden en la necesidad de desarrollar estrategias estructurales que aborden la problemática de pérdidas y desperdicios de alimentos de manera integral, y que contemplen acciones que incluyan el conjunto de actores, procesos e impactos de los sistemas agroalimentarios.

Es indispensable el reconocimiento y fomento por parte del Estado de las diversas formas de organización comunitaria local y sus dinámicas territoriales, que continuamente contribuyan a la reducción de las PDA a través de iniciativas de producción y consumo sostenibles, circuitos cortos de comercialización, incluyendo las compras públicas locales de alimentos que consideren las culturas alimentarias de los territorios, y fomentando iniciativas populares de reducción, reuso y reciclaje de los residuos de alimentos, de manera complementaria a las estrategias actuales que priorizan las donaciones de alimentos próximos a desperdiciarse a través de los bancos de alimentos.

REFERENCIAS

- Alfonso, O. (2015). Observatorio Hambre Cero: la cadena de las pérdidas de valor de los alimentos y las pérdidas de área sembrada en Colombia, 2007-2012. Documentos de Trabajo n° 52. <https://www.uxternado.edu.co/wp-content/uploads/2021/02/DDT-52.pdf>
- Arévalo Porras, O. (2016). *Ánalisis del desperdicio de alimentos en el almuerzo escolar del Colegio Distrital Ciudadela Educativa, una mirada desde las dimensiones de la Seguridad Alimentaria y Nutricional*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Congreso de la República de Colombia (2022). *Proyecto de ley 013 de 2022. Por medio del cual se modifica la ley 1990 de 2019, referente a la pérdida y el desperdicio de alimentos y se dictan otras disposiciones*. <https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2022-07/PL.013-2022C%20%28DESPERDICIO%20DE%20ALIMENTOS%29.docx>

● ● ● **Macarena Jara Nercasseau, Sandra Patricia Olano Delgado, Álvaro Parrado Barbosa**

Generación y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos. Aprendizajes desde la maestría en Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad Nacional de Colombia

- Congreso de la República de Colombia (2019). *Ley 1990 de 2019. Por medio de la cual se crea la política para prevenir la pérdida y el desperdicio de alimentos y se dictan otras disposiciones*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36757/Ver_documento_36757.pdf?sequence=1&isAllowed=true
- Eguillor, P. (2019). *Pérdida y desperdicio de alimentos en el sector agrícola: avances y desafíos*. Febrero de 2019. ODEPA.
- Fajardo, D., & Sangacha, E. (2020). *Ánalisis del impacto de las pérdidas de frutas y vegetales en términos biofísicos: caso de estudio mercado mayorista de la ciudad de Quito*. (Tesis de maestría). Escuela Politécnica Nacional.
- FAO. (2021). *Inclusión de la gastronomía en el Programa de Alimentación Escolar/ la alternativa para lograr el derecho a una alimentación saludable, rica y sin desperdicio*. <https://www.fao.org/3/cb3429es/cb3429es.pdf>. Acceso 15 de noviembre de 2022.
- FAO. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra las pérdidas y desperdicios de alimentos*. Roma, Italia.
- Hanson, C., Lipinski, B., Nichols-Vinuela, A., Antonioli, V., Espinoza, L., Kenny, S., Sturzenegger, G., Espínola López, N. (2022). *Manual de estrategias para reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Jara, M. A. (2021). *Pérdidas de alimentos y seguridad alimentaria y nutricional: una aproximación desde los modelos de producción y las estrategias de comercialización en la Zona Central de Chile*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Jara-Nercasseau, M. & Parrado-Barbosa, A. (2022). Pérdidas y desperdicios de alimentos en Chile y Colombia: una mirada desde los circuitos cortos de comercialización agroalimentarios. En: A. Parrado-Barbosa, E. Nicolodi, & R. Triches (2022). *Sustentabilidad, circuitos cortos de abastecimiento e compras públicas de alimentos*. Ed. UFFS.
- Montagut, X. & Gascón, J. (2014). *Alimentos desperdiciados. Un análisis del derroche alimentario desde la soberanía alimentaria*. Icaria; Instituto de Altos Estudios Nacionales.
- Montoya, L. A., Montoya, I. A., & Díaz, M. P. (2011). Estudio de caso: la gestión de la alimentación escolar en Santiago de Cali y Bogotá D.C. *Revista de Salud Pública*, 13, 737-747.
- OECD/FAO (2023). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
- PNUMA (2021). *Food Waste Index Report 2021*. Nairobi.
- Reina, L. (2017). Logística de distribución de productos perecederos: estudios de caso Fuente de Oro (Meta) y Viotá (Cundinamarca). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 80-91.
- Olano, S.P. (2023). *Reducción de desperdicios de alimentos en instituciones educativas de programas de alimentación escolar jornada única, en el marco del Programa de Alimentación Escolar del municipio de Arauca*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, M. (2021). Regulación de las pérdidas y desperdicios de alimentos en Colombia: evaluación de la Ley 1990 de 2019. En: S. del Castillo, M.V. Rojas & A. M. Gordillo (eds.). *Apuntes MSAN N.2. Soberanía y seguridad alimentaria y nutricional: perspectivas emergentes en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Rubiano, E. (2017). *Estimación de las pérdidas de papa criolla en los canales de distribución y estrategias para el mejoramiento de la SAN*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Valderrama, N. & Parrado, A. (2023). Programas de alimentación pública como mecanismo de desarrollo en Colombia: una revisión integral de sus potencialidades frente a los desafíos de los ODS. En: *Transformando Colombia: Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Editorial Universidad Nacional de Colombia.

IMPLEMENTACIÓN DE BIODIGESTORES PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS EN PEQUEÑAS UNIDADES PRODUCTIVAS AGROPECUARIAS

IMPLEMENTATION OF BIODIGESTERS FOR THE USE OF WASTE IN SMALL AGRICULTURAL PRODUCTION UNITS



¹Paola Andrea Valencia Achuri, ²Diego Abril Herrera

^{1,2}Universidad de Cundinamarca, Colombia

Recibido: 10/10/2023 Aprobado: 30/11/2023

RESUMEN

En zonas aisladas de difícil acceso para su interconexión energética se hace necesaria la producción de energías alternativas, destacándose el biometano que se genera a partir de la digestión anaerobia de materia orgánica. El objetivo de este documento es presentar algunos resultados de una experiencia de intervención en 6 unidades productivas agropecuarias ubicadas en veredas cercanas a la ciudad de Fusagasugá, en las que se desarrollaron biodigestores para la mejora de las condiciones de producción de energía bajo parámetros de sostenibilidad ambiental. Para la selección de las 6 unidades productivas, se analizaron las condiciones de 21 unidades productivas de 13 veredas cercanas a la ciudad de Fusagasugá, referenciadas por el comité de ganaderos del Sumapaz. El análisis se basó en la disponibilidad de residuos acordes con los requerimientos para el funcionamiento de los biodigestores de manera apropiada, y la disposición de los propietarios para la implementación de biodigestores como complementariedad energética en pequeñas unidades agrícolas. Entre los resultados más relevantes, se evidencian inconvenientes de adopción de este tipo de energías alternativas en unidades productivas rurales con la toma de decisión de tan solo 6 predios de las 21 unidades productivas consultadas, representando un 28,5 %, con lo cual, se presentan retos relacionados con las estrategias para conectar a las poblaciones rurales aisladas con la implementación de biodigestores como complementariedad energética en pequeñas unidades agropecuarias.

Palabras clave: energías alternativas, biodigestores, unidades productivas agropecuarias, zonas aisladas, recursos energéticos complementarios.

Citación: Valencia Achuri, P. A. , & Abril Herrera, D. . (2023). Implementación de Biodigestores para el aprovechamiento de residuos en pequeñas unidades productivas agropecuarias. *Publicaciones E Investigación*, 17(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.7530>

¹ pvalencia@ucundinamarca.edu.co – <https://orcid.org/0000-0001-8935-9260>

² aadiego@ucundinamarca.edu.co – <https://orcid.org/0000-0001-5950-4631>

<https://doi.org/10.22490/25394088.7530>

ABSTRACT

In isolated areas that are difficult to access for energy interconnection, it is necessary the production of alternative energies highlighting biomethane which is generated from the anaerobic digestion of organic matter. The objective of this document is to present some results of an intervention experience in 6 agricultural production units located in villages near the city of Fusagasugá, in which biodigesters were developed to improve the conditions of energy production under environmental sustainability parameters. For the selection of the 6 productive units, there were analyzed the conditions of 21 productive units from 13 villages near the city of Fusagasugá, referenced by the Sumapáz livestock committee. The analysis was based on the availability of waste in accordance with the requirements for the proper functioning of the biodigesters, and the willingness of the owners for the implementation of biodigesters as energy complementarity in small agricultural units. Among the most relevant results, it was found that there are drawbacks of adopting this type of alternative energy in rural productive units with the decision of only 6 properties from the 21 productive units consulted representing 28,5%, situation that shows some challenges related to strategies to connect isolated rural populations with the implementation of biodigesters as complementary energy in small agricultural units.

Key words: Alternative energies, biodigesters, agricultural production units, isolated areas, complementary energy sources.



1. INTRODUCCIÓN

Según cálculos de la ONU, la población mundial pasará de los 6.800 millones de personas a 9.100 millones en 2050, un tercio más de bocas que alimentar, y se calcula que más de 90 millones de niños sufren de desnutrición en el mundo (FAO 2015), de forma tal, que el aumento de la población conduce a una demanda creciente de alimentos, y, por ende, al incremento de subproductos.

Jurgilevich *et al.* (2016) manifiestan que entre el 30 y el 50 % de los alimentos destinados al consumo humano son desperdiciados en diferentes etapas del sistema alimentario, convirtiéndose en una necesidad, la implementación de modelos de economía circular que permitan hacer un mayor aprovechamiento de los recursos naturales (Fernández-Rodríguez *et al.*, 2021; Villamil *et al.*, 2020).

Dentro de los objetivos mundiales proyectados por el PNUD para el 2030, se presenta la producción y consumo responsables, teniendo como metas, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización. La reducción de las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas

las pérdidas posteriores a la cosecha son una prioridad estratégica (PNUD, 2023).

En el presente documento se presenta una experiencia de implementación de biodigestores en 6 unidades productivas agrícolas, requiriendo de un acercamiento con 21 unidades productivas ubicadas en 13 veredas cercanas a la ciudad de Fusagasugá, las cuales, pasaron por un proceso de análisis de condiciones mínimas, en conjunto con un proceso de sensibilización en cuanto a la implementación de los biodigestores.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de implementación de biodigestores para aprovechamiento de residuos en pequeñas unidades productivas agropecuarias fue basado en un diseño de conocimiento aplicado con respecto a la problemática de dificultades para la obtención de energía en zonas aisladas, con lo cual, en primera instancia se generaron los análisis técnicos en cuanto a las capacidades de los biodigestores acordes con las condiciones de las unidades productivas a intervenir.

El proyecto contempló la construcción de biodigestores diseñados a la medida y de acuerdo con las cargas de los materiales generados como residuos de las unidades productivas. Los biodigestores fueron construidos principalmente para reutilizar los desperdicios activos de las pequeñas granjas y la generación de biogás se obtiene a partir de la descomposición de desechos de tipo orgánico.

El proceso de generación de biogás es un proceso de digestión en ausencia de oxígeno donde un grupo de microorganismos anaerobios junto con un conjunto de reacciones químicas complejas, llevan adelante la mineralización de la materia orgánica hasta metano con alta capacidad calorífica y dióxido de carbono (Harun *et al.*, 2010). Este proceso se caracteriza porque se puede distinguir al menos cuatro etapas: i) etapa hidrolítica; ii) etapa acidogénica; iii) etapa acetogénica y iv) etapa metanogénica. En cada una de estas etapas están involucrados diferentes grupos de microorganismos. Este proceso es desarrollado por bacterias. El biogás, por lo tanto, es un combustible generado por la degradación de sustancias orgánicas. La descomposición anaerobia que realizan los microorganismos permite producir biocombustible con el tratamiento de los residuos biodegradables. El metano y el dióxido de carbono son los principales constituyentes del biogás que también tienen nitrógeno e hidrógeno (Varnero, 2011; Aguilera, 2017; Acosta & Abreu, 2005).

Después de considerar los aspectos técnicos, se procedió al desarrollo de socializaciones con los propietarios de las 21 unidades productivas identificadas, y se estableció que 6 de estas unidades productivas se encontraron dispuestas a un proceso de implementación efectiva de los biodigestores.

En esta medida, se procedió a la construcción de los biodigestores en las unidades productivas que se encontraban dispuestas a su implementación con ciertas variaciones acordes con la capacidad sostenible de generación de los materiales orgánicos para un funcionamiento óptimo; y, finalmente, se procedió a la presentación de una serie de capacitaciones para el mantenimiento de los biodigestores dentro de parámetros apropiados.

3. DESARROLLO

En cada una de las 21 unidades productivas se inició con una reseña breve del proyecto, enfatizando en el objetivo principal, y dinámica de ejecución por parte de la Universidad de Cundinamarca. Posteriormente, se procedió a identificar las características del sistema productivo, manejo existente para los efluentes, porcentaje de aprovechamiento de los residuos y reincorporación al sistema productivo, y situación ambiental en el caso de los residuos de las granjas porcícolas.

Dentro de las 21 unidades productivas diagnosticadas, se encontraron tres finalidades principales para los desechos orgánicos, siendo estas:

- Abono verde, como fertilizante para las pasturas con un 43 %, lo cual se considera una buena práctica, ya que se realiza un reciclado de los nutrientes, disminuyendo el costo económico y ambiental de la adquisición de fertilizantes de síntesis química.
- Compostaje, que es realizado por el 45 % de las fincas visitadas, siendo un manejo que permite la gestión térmica de la materia orgánica, disminuyendo la presencia de microorganismos patógenos que puedan impactar negativamente la reincorporación al sistema productivo.
- Venta, que es adoptada por el 43 % de las fincas, manifestando realizar la venta de una parte del compostaje, como un ingreso adicional al sistema productivo principal.

Vale la pena resaltar, que, aunque las prácticas realizadas son buenas, al implementar la digestión anaerobia, no solo se estará aprovechando el material orgánico, sino que también se estará disminuyendo el impacto ambiental, disminuyendo los gases efecto invernadero, asumiendo el uso de energías alternativas y uso del digestato como abono orgánico, cerrando el ciclo productivo. El 85 % de los productores manifiestan tener conocimiento de poder generar gas por fermentación de material vegetal y en su totalidad (100 %), reconocen la misma posibilidad con material orgánico derivado de producciones pecuarias.

Finalmente, después del análisis de condiciones mínimas de generación de residuos y de disposición de los propietarios, se seleccionaron 6 unidades productivas para implementar los biodigestores (Tabla 1).

TABLA 1. UNIDADES PRODUCTIVAS AGROPECUARIAS SELECCIONADAS

Productor	Vereda	Nombre del predio	Municipio	Fin productivo
Alirio Herrera	Bermejal	La Meseta	Fusagasugá	Bovinos leche
Álvaro Rodríguez	Jordán Bajo	Santa Bárbara	Fusagasugá	Porcicultura
Avelino Godoy	Guayabal	El Mirador	Fusagasugá	Porcicultura/cultivos
Naiceline Castro	Tierra Negra	La Saucita	Fusagasugá	Porcicultura
Universidad de Cundinamarca	Guavio Bajo	La Esperanza	Fusagasugá	Porcicultura/Ganadería
Universidad de Cundinamarca	Palogordo	El Tibar	Ubaté	Porcicultura

Fuente: Abril D., 2021.

Una vez ejecutada la fase 1 diagnóstico y selección, se procedió a la instalación del sistema de biodigestión o geomembrana en los predios de “La Meseta”, “El

Mirador”, “La Saucita”, “La Esperanza” y “El Tibar”. La geomembrana se encuentra compuesta por los materiales descritos en la Tabla 2.

TABLA 2. MATERIALES DE LOS BIODIGESTORES

Descripción material	Unidad de medida	Cantidad
Biodigestor en geomembrana capacidad de 10 m ³	Unidad	Uno (1)
Reservorio biogás 3 m ³	Unidad	Uno (1)
Tanque biofertilizante 1 m ³	Unidad	Uno (1)
Tubo PVC 4 pulgadas	Metros	Uno (1)
Válvula de alivio	Unidad	Uno (1)
Filtro de sulfitos	Unidad	Uno (1)
Manguera 1 pulgada	Metros	Cincuenta (50)
Tubo PVC 1 pulgada	Metros	Cuatro (4)
Geotextil de cobertura	Metros	Siete (7)
Estructura techo	Metros cuadrados	Treinta (30)
Teja zinc	Unidad	Once (11)
Estufa / Calefactor	Unidad	Uno (1)

Fuente: Abril D., 2021.

4. DISCUSIÓN

La actividad agropecuaria y el manejo adecuado de residuos rurales pueden contribuir significativamente a la conversión de unidades productivas sostenibles y sustentables, ya que los residuos animales, vegetales y/o residuos orgánicos (biomasa) se pueden transformar en energía a través de procesos de digestión anaeróbica (Arias, *et al.*, 2018).

Sin embargo, en el proceso de análisis de la utilización de los residuos generados por la actividad agropecuaria, se presentan una serie de situaciones que se deben soportar, con lo cual, una toma de decisiones acertada debe ser basada en la identificación de los mejores usos de los residuos que se generan en las unidades productivas, y aunque las prácticas que evidencian, los productores analizados corresponden con parámetros de sostenibilidad, en la implementación de los biodigestores no solo se estará aprovechando el material orgánico, sino que también se estará disminuyendo el impacto ambiental, se estarán disminuyendo los gases efecto invernadero mediante el uso de energías alternativas y el uso del digestato puede ser utilizado como abono orgánico, cerrando el ciclo productivo.

5. CONCLUSIONES

Es necesario plantear estrategias de mejora para la adopción de energías alternativas en zonas aisladas con una utilización más significativa de los residuos generados en las unidades productivas bajo parámetros de sostenibilidad, acudiendo a procesos de sensibilización que generen una adopción efectiva de recursos energéticos complementarios.

En esta misma medida, se hace necesario el diseño de estrategias de mantenimiento de la implementación de biodigestores debido a que las unidades productivas al ser pequeñas carecen de las herramientas tecnológicas, recursos económicos y de los conocimientos para

procurar por un desarrollo de las iniciativas en el tiempo, considerándose relevante la asistencia técnica y el acompañamiento para la generación de un verdadero desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

- Ariza, C., Rueda, L., & Sardoth, J. (2018). Biodigestión anaerobia como alternativa energética para reducir el consumo de leña en las zonas rurales. *Revista Espacios*, 39(39), 23-36.
- FAO (6 de julio del 2022). Informe de las Naciones Unidas: las cifras del hambre en el mundo aumentaron hasta alcanzar los 828 millones de personas en 2021. Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/newsroom/detail/un-report-global-hunger-SOFI-2022-FAO/es>
- Fernández-Rodríguez, M. J., Puntano, N. F., Mancilla-Leyton, J. M., & Borja, R. (2021). Batch mesophilic anaerobic co-digestion of spent goat straw bedding and goat cheese whey: comparison with the monodigestion of the two sole substrates. *Journal of Environmental Management*, 280, 111733.
- Jurgilevich, A., Birge, T., Kentala-Lehtonen, J., Korhonen-Kurki, K., Pietikäinen, J., Saikku, L., & Schössler, H. (2016). Transition towards circular economy in the food system. *Sustainability*, 8(1), 69.
- Lorenzo Acosta, Y. & Obaya Abreu, M. C. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. *ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar*, 39(1), 35-48.
- ONU (8 de noviembre del 2023). Población. Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- PNDU (8 de noviembre del 2023). Objetivo 12: Producción y consumo responsables. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/produccion-consumo-responsables>
- Reyes Aguilera, E. A. (2017). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sus-tratos orgánicos. *Revista científica de FAREM-Estelí*, 24, 60-81.
- Varnero Moreno, M. T. (2011). *Manual de biogás*. Minenergía- PNUD-FAO-GEF.
- Villamil, J. A., Mohedano, A. F., San Martín, J., Rodriguez, J. J., & De la Rubia, M. A. (2020). Anaerobic co-digestion of the process water from waste activated sludge hydrothermally treated with primary sewage sludge. A new approach for sewage sludge management. *Renewable Energy*, 146, 435-443.

EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) A PARTIR DE LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENVASE EN EL PROCESO LOGÍSTICO DE TRANSPORTE

EVALUATION OF THE REDUCTION OF TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) LOSSES THROUGH THE ADAPTATION OF A PACKAGING SYSTEM IN THE TRANSPORTATION LOGISTICS PROCESS



¹Ismael Povea Garcerant, ²Cristian Barreto Galindo,
³Cristian González Moreno

^{1,2,3}Universidad de La Salle, Colombia

Recibido: 10/10/2023 Aprobado: 30/11/2023

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la reducción de pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a partir de la adaptación del envase tradicional destinado para su transporte, se realizó un diagnóstico en el cual se observaron todas las características y variables a tener en cuenta en los procesos cosecha y postcosecha del fruto, con el fin de evidenciar factores que pudieran incidir en las pérdidas de este alimento. Teniendo en cuenta la fase previa, se evaluaron posibles materiales para las adaptaciones en el envase tradicional, las cuales consistían en el revestimiento de las paredes internas del envase. Dichos materiales fueron costal de fique (CA1) y polietileno inyectado (CA2). Las canastillas con adecuaciones se dispusieron en el transporte de costumbre para el traslado hasta el punto de venta, tomando un total de 20 kg para la caracterización fisiológica y fisicoquímica, para su posterior análisis estadístico por medio del software R Studio. Los resultados indican que la pérdida de peso es una de las características mayormente influenciada de acuerdo a las adecuaciones realizadas. Adicional a esto, se observó diferencia significativa entre las unidades que estaban en el envase con adecuación de polietileno inyectado (CA2) en factores como porcentaje de ácido cítrico, índice de madurez y daños mecánicos en comparación con los otros envases estudiados. Se concluye que la implementación de adaptaciones a la canastilla plástica puede disminuir las pérdidas provocadas durante el transporte del tomate entre un 9 % y un 9.7 %, así como mantener propiedades físicas, fisiológicas y fisicoquímicas del mismo.

Palabras clave: pérdidas, reducción, tomate, transporte, adecuación, envase.

Citación: Povea Garcerant, I. (2023). Evaluación de la reducción de pérdidas de tomate (*solanum lycopersicum*) a partir de la adaptación de un sistema de envase en el proceso logístico de transporte. *Publicaciones E Investigación*, 17(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.7559>

¹ ipovea@unisalle.edu.co - <https://orcid.org/0000-0001-9922-7464>

² cbarreto@unisalle.edu.co - <https://orcid.org/0000-0003-4532-0107>

³ cgonzalez@unisalle.edu.co - <https://orcid.org/0009-0006-8483-8143>

<https://doi.org/10.22490/25394088.7559>

ABSTRACT

*In order to evaluate the reduction of tomato (*Solanum lycopersicum*) losses from the adaptation of the traditional container for its transport, a diagnosis was made in which all the characteristics and variables to be taken into account in the harvest and post-harvest processes of the fruit were observed, in order to identify factors that could affect the losses of this foodstuff. Taking into account the previous phase, the possible materials for the adaptations to the traditional container were evaluated, which consisted of the lining of the internal walls of the container. These materials were fique sacking (CA1) and injected polyethylene (CA2). The baskets with adaptations were placed in the customary transport for transportation to the point of sale, taking a total of 20 kg for physiological and physicochemical characterization, for subsequent statistical analysis using R Studio software. The results indicate that weight loss is one of the characteristics most influenced according to the adjustments made. In addition, a significant difference was observed between the units in the container with injected polyethylene adaptation (CA2) in factors such as citric acid percentage, maturity index and mechanical damage in comparison with the other containers studied. It is concluded that the implementation of adaptations to the plastic basket can reduce losses caused during tomato transport between 9% and 9.7%, as well as maintain the physical, physiological and physicochemical properties of the tomato.*

Key words: *Losses, reduction, tomato, transport, suitability, packaging.*



1. INTRODUCCIÓN

Los 1.3 billones de toneladas de alimentos que se pierden y desperdician, PDA, a nivel mundial afectan negativamente a la seguridad y sanidad alimentaria, al medio ambiente y la economía. Se estima que en el mundo más de 810 millones de personas viven en situación de desnutrición y malnutrición (FAO, 2017), mientras que los alimentos que llegan a los rellenos sanitarios aportan cerca de 1,5 Gtoneladas de CO₂ eq., impacto ambiental que es superado solo por las potencias económicas de China y Estados Unidos, respectivamente; es decir, en una escala basada en la generación de CO₂, las PDA se ubicarían en un tercer lugar (FAO, 2013). La cifra económica relacionada a las PDA no se puede precisar, pero se estima que el costo asociado a los 1.3 billones de toneladas que llegan a los rellenos sanitarios sin pasar por la cadena de aprovechamiento es de 1 trillón de dólares (de Gorter *et al.*, 2021).

Colombia contribuye a esta alarmante cifra, aportando anualmente un total de 10 millones de toneladas de alimentos desperdiciados, según datos de la Dirección Nacional de Planeación (DNP) en 2016. El sector más afectado por esta problemática es el de las

frutas y hortalizas, que representa pérdidas cercanas al 60 % de la producción nacional. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en 2017 concluyó que, si se lograra reducir esta situación en un 50 %, se podría garantizar la seguridad alimentaria de aproximadamente 18 millones de colombianos. Diversos factores de origen nacional contribuyen a este problema: la falta de infraestructura adecuada, las protestas sociales que ocasionan el cierre de vías principales, las condiciones climáticas que afectan la comunicación terrestre, la volatilidad de precios, y el sistema de comercialización colombiano, en el cual existen muchos productores, pocos acopiadores y numerosos consumidores, generando una estructura similar a un reloj de arena, en la que los acopiadores ejercen un control determinante en la cadena comercial, son algunos de los factores de mayor impacto en la cifra general de un 34 % de alimentos que se producen pero que no se utilizan para el consumo o la transformación, tal como señala el informe del DNP de 2016.

A nivel nacional, se han emprendido esfuerzos para abordar la brecha social que resulta de la inequidad en la alimentación y la falta de seguridad alimentaria. En

este contexto y en consonancia con el llamado internacional para trabajar de manera colaborativa en la mejora de la seguridad alimentaria y nutricional (SAN), el Gobierno colombiano ha elaborado el documento CONPES 113 con el propósito de contribuir a la reducción de las PDA, tal como lo insta la FAO en su informe de 2011 que va en concordancia con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS.

En Colombia, las deficiencias en la gestión de la poscosecha se hacen evidentes, sobre todo en las fases de transporte y comercialización. Una clara manifestación de esta problemática se observa en los mercados minoristas, donde una gran cantidad de frutas y hortalizas en avanzado estado de descomposición yacen dispersas en el suelo (Reina *et al.*, 1998). Esta situación tiene un impacto negativo y directo en los ingresos, afectando principalmente a los agricultores, ya que sus ganancias dependen en gran medida de la cantidad de productos que entregan a los intermediarios. Dada la magnitud de las pérdidas de alimentos, realizar inversiones eficaces para reducirlas podría ser una vía para disminuir los precios de los alimentos (FAO, 2012).

El tomate (*Solanum lycopersicum*), es uno de los productos hortícolas de mayor producción en Colombia con 15.881 ha. sembradas representando un 15 % del portafolio nacional de productos hortícolas (MADR, 2018); debido a su delicadeza y naturaleza altamente perecedera, es fundamental ejercer un manejo extremadamente cuidadoso para garantizar la mejor calidad y un mayor rendimiento tanto en la cosecha como en la comercialización. Según DECCO Naturally Postharvest (2018), para asegurar que los tomates lleguen al consumidor en condiciones óptimas, es esencial recolectarlos en el punto preciso de madurez. La recolección anticipada podría provocar que los productos no alcancen la madurez adecuada, mientras que, si se cosechan en un estado de madurez avanzada, existe un alto riesgo de senescencia, lo que los hace sumamente sensibles a la manipulación y a los procesos logísticos posteriores a la cosecha.

Las condiciones inadecuadas, como temperaturas extremadamente frías o niveles insuficientes

de humedad, tanto en el almacenamiento como en el transporte de los productos, pueden propiciar la aparición de enfermedades causadas por hongos y bacterias, factores que, según Martínez *et al.* (2012), pueden resultar en pérdidas significativas en la producción de tomates. Brenes-Peralta *et al.* (2015) identifica causas directamente correlacionadas a las elevadas pérdidas en la industria del tomate. Estas incluyen aspectos culturales y la resistencia al cambio, condiciones climáticas desafiantes, malas prácticas agrícolas, logísticas, de empaque y de manufactura, tecnología inadecuada, y la definición de estándares de calidad según el mercado y el proceso de comercialización. Por tanto, un envase adecuado en los procesos logísticos posteriores a la cosecha puede reducir las pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) y mantener su calidad óptima durante el transporte y hasta que llega al consumidor final.

Es esencial abordar estos desafíos de manera integral para reducir esta alarmante pérdida de alimentos en Colombia.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo experimental de esta investigación se llevó a cabo en tres etapas fundamentales que respaldaron el análisis y evaluación de los factores más críticos relacionados con la obtención de resultados significativos: en finca, transporte y descargue. El objetivo principal fue identificar las posibles causas de pérdidas en el proceso de transporte de tomates (*Solanum lycopersicum*) y analizar los cambios representativos que experimentó el producto como consecuencia de los daños detectados y que son fundamentales al momento de la decisión de rechazo del alimento. Para ello, variables fundamentales en la senescencia fisicoquímica del tomate como pH, °Brix, acidez, índice de madurez, textura y pérdida de peso fueron cuantificadas antes y después de la experimentación debido a que son factores que se relacionan directamente con la calidad del producto. Adicionalmente a ello se evaluaron visualmente los daños físicos en la fruta como resultado de las etapas propias de su comercialización.

Este enfoque metodológico riguroso se basó en una recopilación meticulosa de datos y análisis precisos, lo que proporcionó una comprensión más profunda de los desafíos que enfrenta la cadena de suministro de tomates y, en última instancia, arrojó luces sobre posibles soluciones para reducir las pérdidas y mejorar la eficiencia en este proceso crucial.

2.1 Diagnóstico

El proceso de investigación se inició con un diagnóstico exhaustivo en la fase de cosecha y postcosecha dentro de la finca productora de tomates, con el propósito de identificar las variables críticas que podrían influir en la calidad del producto antes de su transporte. Una vez obtenida esta información, se llevaron a cabo ajustes y adaptaciones necesarios en la canastilla utilizada para el transporte del tomate. Esta fase fue llevada a cabo en la vereda Minas de Yeso, ubicada en el municipio de Gachalá en donde se realizó un minucioso análisis del proceso logístico de cosecha y postcosecha.

Durante esta fase, se recopilaron datos cruciales relacionados con las pérdidas de producto, lo que permitió identificar una serie de variables, tanto dependientes como independientes, influyentes en el proceso logístico estudiado. Entre las variables dependientes

se destacaron aquellas relacionadas con aspectos clave como la cantidad de tomates por envase, el tipo y estado físico de los vehículos utilizados para el transporte, la ruta seleccionada, el apilamiento de las canastillas, la capacidad de carga de los vehículos, la distancia entre los envases, el modo de transporte, la forma de carga del producto, el conductor, las vías, la estandarización de peso por canasta, las prácticas de cosecha y clasificación, así como todas aquellas relacionadas con las condiciones de temperatura y humedad relativa, las cuales fueron monitorizadas con un Data Logger TESTO de resolución 0,01.

Entre las variables independientes, se consideraron las condiciones ambientales durante el transporte, el clima, el estado de las vías de transporte, y la movilidad en las áreas por donde transitó el producto.

2.2 Caracterización del producto

2.2.1 Toma de muestra

En el proceso de muestreo, se siguieron rigurosamente las directrices estipuladas en la Norma Técnica Colombiana NTC 756 Frutas y hortalizas frescas: toma de muestras. La Tabla 1 relaciona el peso de las unidades de muestra y el peso total del lote en kg, arrojando una cantidad de 20 kg de tomate para el estudio.

**TABLA 1. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA PARA LOS PRODUCTOS A GRANEL
DE ACUERDO CON LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 756**

Masa (peso) del lote, en kg	Masa (peso) total de las unidades de muestreo, en kg
Hasta 200	10
201 a 500	20
501 a 1000	30
1001 a 5000	60
Mayor a 5000	100 (mínimo)

2.2.2 Análisis fisiológico

El análisis fisiológico evidencia la evaluación de la intensidad respiratoria en los tomates, variable relacionada directamente con la senescencia del fruto y fundamental para el análisis de resultados. Este análisis se llevó a cabo utilizando el método de determinación de la tasa de respiración de frutas y hortalizas por medio del uso del respirómetro; técnica precisa que permite

cuantificar la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) generado por el fruto, cuantificado por medio de una titulación con ácido oxálico 0,1 N. Una bomba de inyección de aire OBO con caudal máximo de salida de 2x4L/min se encarga de transportar el CO₂ desde el recipiente donde se encontraba el producto hasta una trampa de hidróxido de potasio (KOH) 0,1 N, que actuó como un filtro químico, permitiendo el paso de

oxígeno mientras retiene el exceso de dióxido de carbono generado durante la respiración del tomate.

Una cámara de respiración, que estaba conectada al sistema de filtración de KOH, desempeñó un papel fundamental al facilitar el intercambio de gases. Además, se incorporó una trampa espiralada que contenía hidróxido de bario ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) 0,1 N, también llamado, un tubo de Pettenkofer. Esta trampa fue diseñada para capturar el dióxido de carbono generado por la respiración de los tomates en estudio. El compuesto se precipitó como carbonato de bario en el interior de la trampa, lo que permitió cuantificar con precisión la intensidad respiratoria de los tomates. Esta metodología, cuidadosamente estructurada y realizada por triplicado, aseguró la obtención de datos confiables y representativos, contribuyendo así a mejorar nuestra comprensión de la respiración en productos hortofrutícolas y su relación con las pérdidas y desperdicios de alimentos.

Asimismo, se dispuso de un completo equipo de titulación que incluyó elementos como un soporte universal, una bureta graduada de 25mL, una pipeta de 20 mL, un pipeteador y un beaker de 10 mL, además de los reactivos necesarios, como la solución al 1% de fenolftaleína y el ácido oxálico 0,1 N. Este montaje posibilitó la determinación precisa de la intensidad respiratoria del vegetal, expresando sus resultados en miligramos de dióxido de carbono por kilogramo por hora (mg CO₂/kg*h), tal como se detalla en la ecuación 1.

Para llevar a cabo la prueba, se seleccionaron dos muestras de tomate de diferentes canastillas y se sometieron al análisis. Estas muestras se colocaron en una cámara de respiración y se sellaron herméticamente antes de poner en funcionamiento el equipo. En el tubo de Pettenkofer, se añadieron 50 mililitros de hidróxido de bario, posicionándolo horizontalmente con una ligera inclinación hacia la cámara de respiración para que el compuesto cubriera la mayor parte del tubo. El sistema permaneció conectado durante una hora, tras la cual se detuvo el flujo de aire.

Para la titulación, se tomó una muestra de 10 mL contenida en la trampa espiralada y se colocó en el

beaker, al cual se le añadieron tres gotas de fenolftaleína como indicador. En la bureta, se incorporó el ácido oxálico y se procedió a titular la solución hasta que esta cambiara de color de morado-rosa a incoloro. Este mismo procedimiento se realizó utilizando una muestra patrón o blanco, que consistía en 10 mililitros de hidróxido de bario 0,1N, con fines de cálculo y referencia. Para garantizar la precisión de los resultados, se duplicó esta prueba para cada una de las canastillas, lo que totalizó cuatro canastillas con muestras sujetas a análisis y cuatro canastillas con muestras control o blanco, lo que aumentó la efectividad de los resultados obtenidos.

$$IR = \frac{(Vb - Vm)ml * N * 22 \text{ mg CO}_2/\text{meq}}{(W * t)} \quad (1)$$

Donde:

Vb = Volumen de $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ en ml (utilizado para titular el blanco)

Vm = Volumen de $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ en ml (utilizado para titular la muestra)

N = Normalidad de $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$

W = Peso de la muestra vegetal en kilogramos

t = Tiempo en horas

2.2.3 Análisis fisicoquímicos

Se siguió la metodología propuesta en la Norma AOAC 967.21 para el desarrollo de los análisis fisicoquímicos realizando un triplicado de cada una de las canastillas (4 canastillas por adecuación y 4 canastillas con muestra control o blanco), para así tener mayor rango de efectividad en cada uno de los resultados encontrados.

2.2.4 pH

Para la determinación del pH se siguió el procedimiento establecido en la norma técnica colombiana NTC 440. Se utilizó un termómetro digital marca Brixco de 0,01°C de resolución para garantizar los 20 °C que exige el procedimiento normalizado y con un potenciómetro LAQUAtwin pH-11, previamente calibrado; se determinó el valor de pH de 10 gramos de muestra de tomate, los cuales fueron macerados junto con 10 mililitros de agua destilada.

2.2.5 Acidez titulable

Se siguió el procedimiento establecido en la NTC 440 en el ítem 3.5.1. Determinación de acidez, utilizando para ello una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N en una mezcla de tomate-agua usando fenolftaleína como indicador. Los resultados se expresan como porcentaje del ácido predominante en el vegetal analizado como se puede observar en la ecuación 2.

$$\% \text{Acidez} = \frac{100 V_1 * N * m_e}{V} \quad (2)$$

Donde:

V = Volumen de la muestra en mL

V1 = Volumen de la solución de NaOH para titular

N = Normalidad de la solución de NaOH

me = Miliequivalente del ácido predominante

2.2.6 Sólidos solubles totales (grados Brix)

Según lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana NTC 440, se procedió a calcular el porcentaje de sólidos disueltos mediante un análisis refractométrico. Para llevar a cabo esta medición, se aplicó una gota de jugo vegetal sobre el prisma de un refractómetro previamente calibrado, y se procedió a efectuar la correspondiente lectura en respuesta a la exposición a un haz de luz.

2.2.7 Índice de madurez (IM)

La siguiente ecuación representa la relación entre el porcentaje de sólidos solubles corregidos en una muestra y su porcentaje de acidez total:

$$\text{Indice de Madurez} = \frac{\text{Grados Brix}}{\% \text{Acidez Total}} \quad (3)$$

2.2.8 Textura

Se evaluó la textura de los tomates utilizando un equipo de texturómetro LF Plus Series Digital Testing Machine, empleando un penetrómetro como medio de determinación de su dureza, haciendo uso del software adecuado para ello.

2.2.9 Pérdida de peso

La determinación de la pérdida de peso se llevó a cabo mediante el uso de una balanza analítica marca Ohaus de resolución 0,01 mg. Inicialmente, se realizó una medición de la masa del producto, y a partir de ese punto, se efectuaron seguimientos en intervalos de 12 horas durante un período de 72 horas, repitiendo este proceso en cada ocasión. Para garantizar una evaluación precisa, se empleó un termohigrómetro de referencia Htc-2 en cada pareja de muestras de todas las canastillas sometidas a evaluación, lo que permitió calcular la humedad relativa durante el ensayo. La ecuación que modela esta prueba se presenta a continuación:

$$\% \text{Perdida de Peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 \quad (4)$$

Donde:

Pi = Peso inicial de la muestra

Pf = peso final de la muestra

2.2.10 Daños mecánicos

La evaluación de posibles daños físicos o mecánicos que ocurrieron durante el proceso de transporte se llevó a cabo mediante un análisis cualitativo. Utilizando su conocimiento previo sobre este tipo de productos, se identificaron y cuantificaron los casos de magulladuras, cortes, golpes y otros tipos de daños. El objetivo de esta evaluación fue determinar qué tipos de daños pueden surgir debido a las diversas variables involucradas en el transporte de un punto a otro.

2.3 Adaptación del envase

Tras la recopilación de datos en las etapas posteriores y la creación de un respaldo teórico junto con la orientación sobre los materiales que serían más apropiados para su implementación en la etapa correspondiente, se adaptaron los envases utilizados por los productores como sistemas de protección. Se seleccionaron aquellos que se consideraron más convenientes con el propósito de evaluar su impacto en la reducción de pérdidas de tomates durante el transporte. Los materiales seleccionados para esta fase fueron costales de

fique y mallas de polietileno inyectado, los cuales se adquirieron individualmente en la Central de Abastos Corabastos en la ciudad de Bogotá. Estos materiales se ajustaron a las canastillas, cubriendo todas sus paredes

y superficies internas. Luego, se colocó el producto dentro de estos envases, como se muestra en la imagen 1, y se continuó con el proceso logístico de manera paralela a las operaciones normales.



Imagen 1. Adaptaciones realizadas a las canastillas.

Para el análisis de los resultados obtenidos, se definieron las adecuaciones de la siguiente manera:

TABLA 2. TABLA DE ABREVIATURAS PARA LAS MUESTRAS EVALUADAS

Adecuación	Identificación general	Identificación por canasta
Canastilla sin adecuación	Canastilla sin adecuación (CSA)	Canastilla 1 sin adecuación (CSA-1)
		Canastilla 2 sin adecuación (CSA-2)
		Canastilla 3 sin adecuación (CSA-3)
		Canastilla 4 sin adecuación (CSA-4)
Canastilla adecuada en todas las paredes con costal de fique	Canastilla con adecuación 1	Canastilla 1 con adecuación 1 (CA1-1)
		Canastilla 2 con adecuación 1 (CA1-2)
		Canastilla 3 con adecuación 1 (CA1-3)
		Canastilla 4 con adecuación 1 (CA1-4)
Canastilla adecuada en todas las paredes con malla de polietileno inyectado	Canastilla con adecuación 2	Canastilla 1 con adecuación 2 (CA2-1)
		Canastilla 2 con adecuación 2 (CA2-2)
		Canastilla 3 con adecuación 2 (CA2-3)
		Canastilla 4 con adecuación 2 (CA2-4)

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En análisis de las causas de afectación de las pérdidas del tomate se realizó en tres etapas: en la finca, teniendo en cuenta las buenas prácticas de cosecha del alimento y el cargue del camión; durante el transporte, teniendo en cuenta las condiciones de la carretera, el clima y la hora de transporte y durante el descargue en plaza de mercado, teniendo en cuenta la forma en la que se hizo esta actividad.

3.1 En finca

3.1.1 Ubicación y cultivo

La finca está ubicada en el municipio de Gachalá, Cundinamarca, Colombia; el municipio cuenta con una superficie total de 448 km² y una altitud de 1712 msnm. La producción de tomates se lleva a cabo en un moderno cultivo bajo invernadero, donde se mantienen condiciones ideales para potenciar las cualidades del producto. Entre estas condiciones destacan el aumento significativo en el rendimiento por unidad de superficie cultivada, la protección efectiva contra plagas, enfermedades y cambios bruscos de temperatura ambiental.

3.1.2 Personal manipulador de alimentos

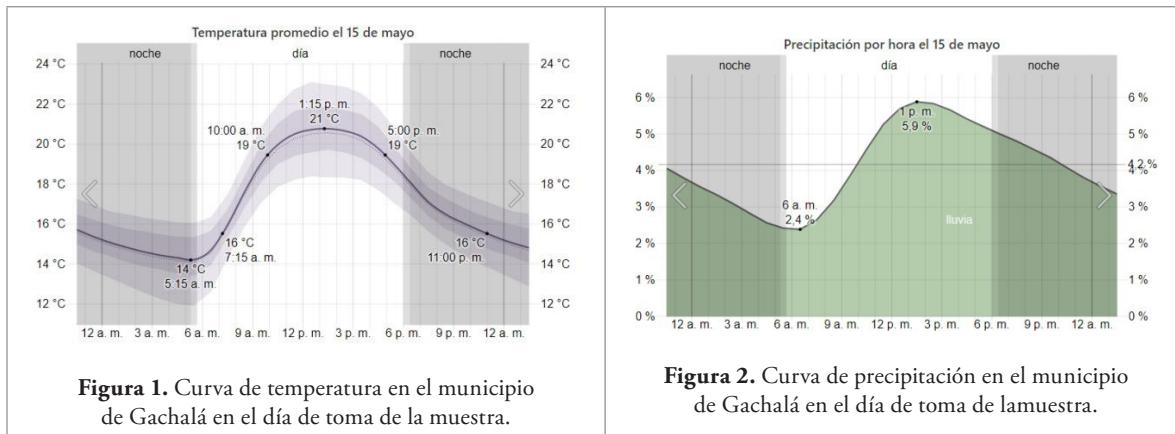
El personal encargado de las tareas de precosecha y cosecha del tomate está compuesto por residentes de la finca donde se encuentra el cultivo. Tres de ellos se ocuparon de la recolección y transporte del producto, mientras que una persona adicional se encargó de la selección y clasificación del fruto. La manipulación se basa en métodos tradicionales y empíricos, los cuales son amplios y específicos según la tarea que desempeñan en el cultivo. No hay medidas de buenas prácticas de cosecha, BPC, lo que puede tener un impacto negativo en la calidad final del producto, tanto en términos de daños mecánicos en el tomate como en términos de posibles contaminaciones microbiológicas.

3.1.3 Cosecha

La recolección tuvo lugar entre las 14:00 y las 17:00 horas, con el propósito de que pudiera ser seleccionado y transportado al día siguiente. Según los datos proporcionados por la página de seguimiento meteorológico y climático Weather Spark, durante esta actividad, las condiciones climáticas oscilaron entre los 20 °C y los 19 °C, como se ilustra en la Figura 1. Sin embargo, es importante destacar que, a pesar de

estas previsiones, durante los horarios de recolección mencionados, se produjo lluvia, lo que resultó en un

aumento en la humedad relativa ambiental, tal como se muestra en la Figura 2.



En el proceso de cosecha, se recolecta el producto cuando alcanza un grado de madurez comprendido entre 3 y 5, tal como se observa en la Figura 3. Esto se debe a la naturaleza climática del producto, ya que se permite que madure durante el transporte y posteriormente en la distribución, de manera que pueda presentarse al

consumidor final con un atractivo color rojo característico de un producto en óptimas condiciones. Para el presente estudio se recolectaron un total de 25 canastillas, cada una con un peso aproximado de 23 kg de producto, en un tiempo de trabajo que rondó las tres horas, siguiendo la clasificación relacionada en la Tabla 3.

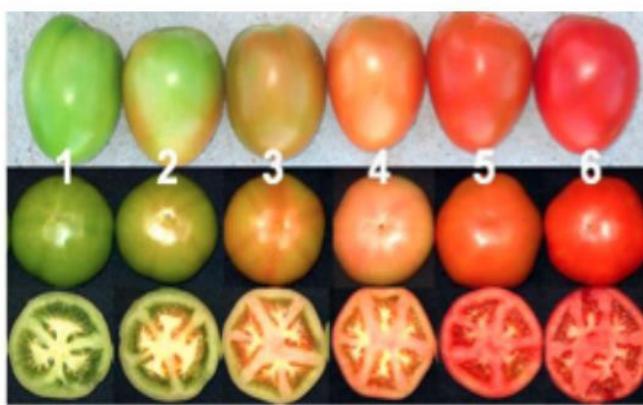


Figura 3. Grados de madurez de tomate.

TABLA 3. DIÁMETROS UTILIZADOS SEGÚN LA ASOCIACIÓN COMERCIALIZADORA DE TOMATE DE GACHALÁ

Clasificación	Diámetro del tomate (cm)
Extra	>4,9
Primera	4 – 4,9
Segunda	3 – 3,9
Tercera	2 – 2,9

3.1.4 Cargue del camión

Se cargaron 157 canastas plásticas de 60x40x30 cm (largo x ancho x alto), cada una con un peso neto de 22 kg, en un camión JAC tipo JHR con una capacidad de carga de 3.850 kg. Este camión está equipado con un furgón completamente cubierto hecho de acero. En la Tabla 4 se muestra la cantidad promedio de unidades por

canasta según su tamaño. La Figura 4 muestra la forma como fueron apiladas las canastas en el camión y la Figura 5 evidencia la ubicación de las canastas con los materiales de envase descritos anteriormente para proteger al fruto; en donde, la canastilla verde representa en costal de fique, la canastilla azul la malla con polietileno inyectado y la canastilla amarilla la canastilla sin adecuación.

TABLA 4. CANTIDAD DE TOMATES SEGÚN SU CLASIFICACIÓN EN CADA CANASTILLA

Clasificación	Unidades por canasta
Primera	154 ± 1
Segunda	198 ± 1
Tercera	264 ± 1



Figura 4. Apilamiento de las canastillas al interior del camión.

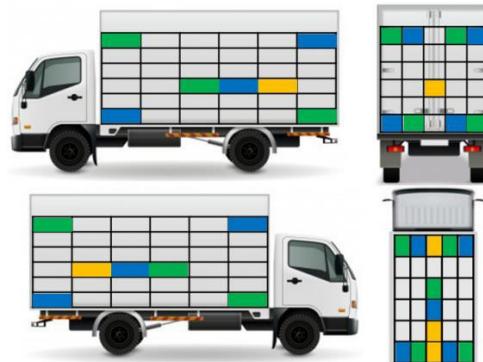


Figura 5. Distribución de las canastillas a las cuales se les realizó la adecuación del envase.

3.1.5 Transporte del tomate

El recorrido total fue de 91,4 km desde la vereda Minas de Yeso en Ubalá hasta la Plaza de Paloquemao en la ciudad de Bogotá, tomando la ruta Gachetá-Suevá-Guasca-Parque Nacional Natural Chingaza-La Calera-Barrio El Codito, Bogotá-carrera séptima-calle 183-Autopista Norte-Avenida NQS, pasando por vías terciarias, secundarias, nacionales y distritales, lo que dificultó el adecuado transporte del tomate.

Durante el transporte de los tomates desde Minas de Yeso hasta Bogotá, se llevó a cabo un monitoreo constante de la temperatura y la humedad relativa del producto usando el Datalogger (Figura 6). Los datos se registraron en intervalos de 5 minutos desde el punto de inicio del trayecto hasta el lugar de llegada. A lo largo de todo el recorrido, se observaron notables fluctuaciones en la temperatura y el porcentaje de humedad relativa, alcanzando sus valores máximos en 23,7 °C y 93,8 %, respectivamente, mientras que sus valores mínimos se registraron en 17,8 °C y 62,7 %, respectivamente.

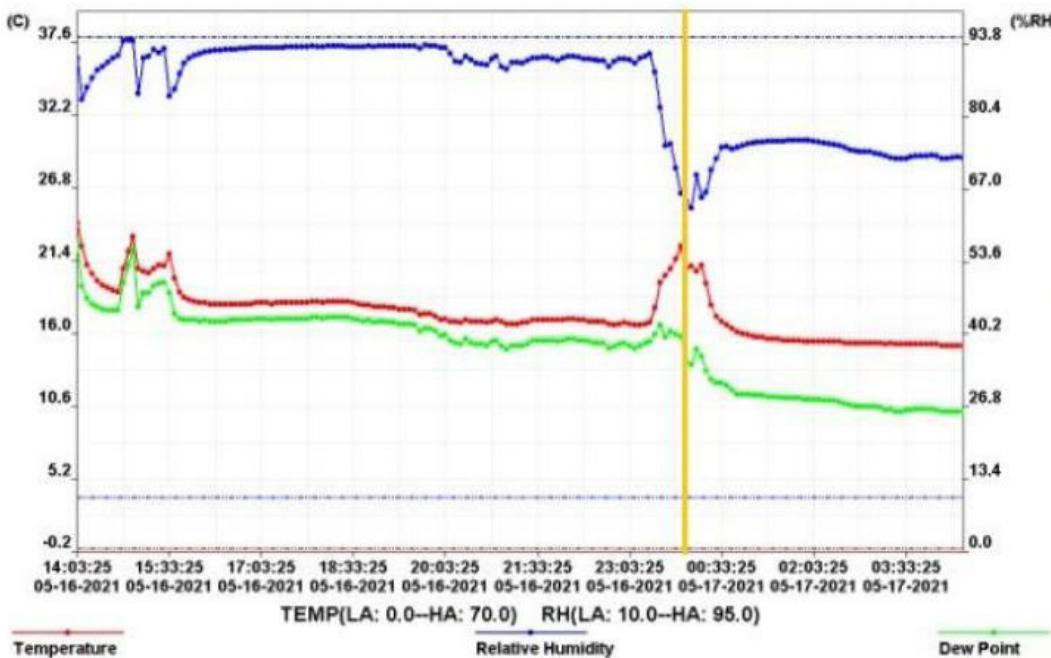


Figura 6. Temperatura, humedad relativa y punto de rocío tomados durante el transporte del producto.

3.1.6 Descargue del camión

El descargue se hizo de la manera tradicional, bajando las canastas a un muelle de recibo, pesándolas en la correspondiente báscula y contando las canastas por categoría de clasificación para el pago. Se hace una inspección visual del estado del producto, revisando ausencia de daños mecánicos en él, de lo contrario se rechaza inmediatamente.

4. Discusión de resultados

4.1 Daños mecánicos

Con base en las observaciones realizadas durante los procesos de precosecha y cosecha del tomate, se optó por implementar modificaciones utilizando mallas de polietileno inyectado y costales de fique. El polietileno se considera uno de los materiales más idóneos para proteger los alimentos durante el transporte debido a su capacidad de proporcionar un acolchado eficaz y su facilidad de aplicación (Da Luz Castro, 2015). En el envasado de frutas, la malla de polietileno destaca por su excelente resistencia a los ácidos y aceites propios de las frutas, así como por su alta capacidad de

absorción de energía en caso de impacto (Maquifruit S.L, s.f.). Además, se adapta de manera óptima a una amplia variedad de frutas, mitigando los problemas de vibración que suelen surgir durante la manipulación y el transporte (Povea, 2014).

Por otro lado, los sacos de fibra natural presentan características especiales, como la capacidad de evitar la condensación de la humedad del producto y permitir que esta se libere al ambiente. Además, debido a la rigidez de estos envases, los productos transportados se mantienen en excelente estado y conservan su apariencia y cualidades durante un período prolongado (Fideca, s.f.). Hernández (2004) señala que los sacos elaborados con fibra vegetal, como el fique, ofrecen protección adicional contra la grasa, olores extraños, luz y plagas que podrían afectar la calidad de los alimentos con fines comerciales o de consumo.

La elección de estos materiales para las adaptaciones se basó también en su disponibilidad en el mercado y en su costo accesible.

TABLA 5. PORCENTAJE DE PÉRDIDAS DE ACUERDO CON CADA UNA DE LAS CANASTILLAS ESTUDIADAS Y LA DIFERENCIA ENTRE LAS MISMAS

Canastilla	Unidades revisadas	Unidades en mal estado	Porcentaje de pérdidas	Diferencia
Sin adecuación (CSA)	1056	238	22,5 %	---
Con adecuación 1 (CA1)	616	83	13,5 %	9 %
Con adecuación 2 (CA2)	792	101	12,8 %	9,7 %

En la Tabla 5, se puede apreciar cómo la elección de materiales para las adaptaciones influye directamente en el porcentaje de pérdidas de unidades dañadas, bajo el análisis comparativo de golpes, magulladuras o cortes, en las canastas de estudio. Esta tabla toma como referencia el porcentaje de canastas sin adaptación (CSA), lo que permitió calcular la diferencia porcentual entre las canastas objeto de estudio y, a su vez, determinar la reducción de pérdidas de productos a lo largo del proceso logístico de transporte.

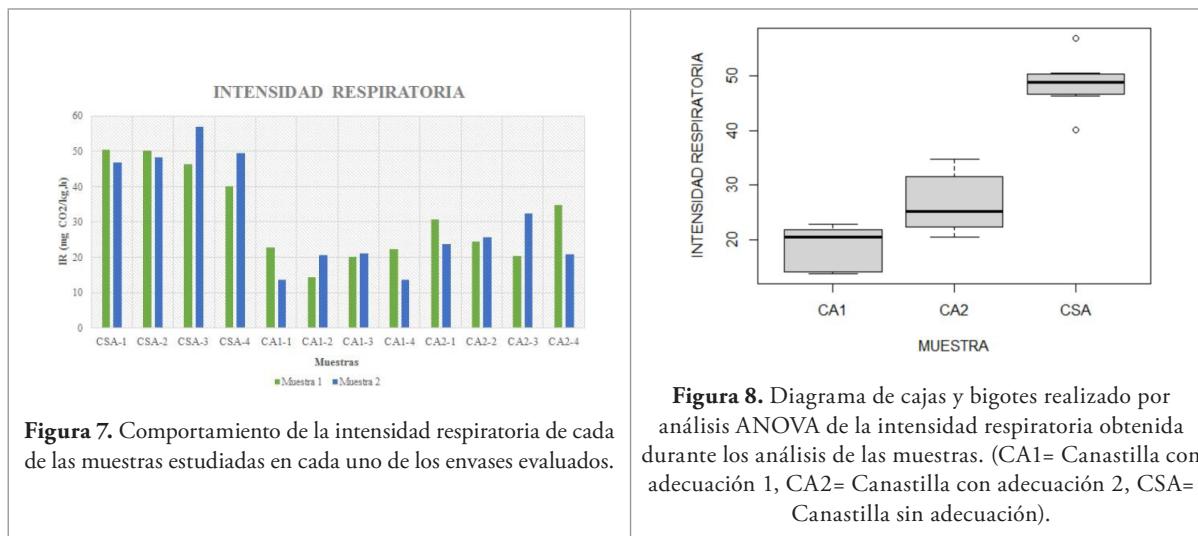
En términos generales, se observó una reducción notoria de pérdidas en los productos transportados en comparación con el envase tradicional. La diferencia entre CA1 y CA2 es de tan solo un 0.7 %. Esta discrepancia puede atribuirse a las propiedades inherentes de los materiales utilizados; por un lado, la malla de polietileno inyectado se forma mediante la combinación de polietileno y un gas que genera pequeñas celdas de aire en el interior de la lámina (Maquifrut S.L, s.f.). Por otro lado, los costales de fique se confeccionan hilando múltiples cuerdas o cabuyas de dicho material para dar forma a los sacos (Echeverri *et al.*, 2015). Dado que las celdas de aire en el polietileno inyectado se adaptan individualmente a cada tomate en la canasta, esta adaptación actuó como un amortiguador efectivo contra golpes o movimientos bruscos. En este sentido, la adaptación con polietileno inyectado (CA2) ha demostrado ser la más eficaz en términos de reducción de pérdidas de productos.

4.2 Intensidad respiratoria

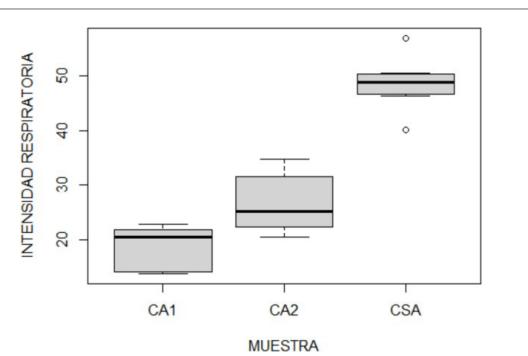
El tomate, al ser un fruto climatérico, exhibe una tasa de respiración que varía según la temperatura, con valores que oscilan entre 10 y 45 mg de CO₂ por kg por hora a temperaturas comprendidas entre 5 y 25 °C (Escalona Contreras *et al.*, 2019). Según Trevor V. Suslow y Marita Cantwell (2013), la intensidad respiratoria del tomate depende de su nivel de madurez y la temperatura a la que se encuentre. En general, para tomates en estado verde-maduro, la tasa de respiración se sitúa entre 8 y 26 mg de CO₂ por kg por hora a temperaturas entre 5 y 25 °C, mientras que, para los tomates maduros, la tasa oscila entre 12 y 26 mg de CO₂ por kg por hora en el mismo rango de temperaturas.

La Figura 7 muestra las diferencias notables en las intensidades respiratorias de los tomates muestreados. Se destaca una clara diferencia entre las unidades que se transportaron en canastillas modificadas, ya sea con costales de fique o polietileno inyectado, y las muestras en el envase tradicional. Además, la Figura 7 muestra que las medias de CA1 y CA2 se mantienen dentro de los rangos mencionados previamente, mientras que la media de las muestras CSA supera significativamente este rango. La diferencia es evidente y se confirma mediante análisis ANOVA y la prueba de Tukey. La marcada diferencia en las muestras evaluadas puede atribuirse a varios factores que impactan directamente en la tasa de respiración del producto. Ortolá (2020) categoriza estos factores en función del estado de

desarrollo del producto, tamaño, temperatura, composición atmosférica, presencia de etileno, daños mecánicos y nivel de corte. Sin embargo, en este estudio, factores como el desarrollo del producto, tamaño, temperatura, composición atmosférica, presencia de etileno y nivel de corte se mantuvieron constantes para todas las muestras evaluadas. Por lo tanto, la única causa plausible de la diferencia observada serían los daños mecánicos que pudieron ocurrir durante el proceso logístico de transporte.



En resumen, al analizar las Figuras 7 y 8, se puede inferir que la modificación de las canastillas con costales de fique y polietileno inyectado contribuye a mantener la tasa de respiración de los frutos dentro de los rangos óptimos en comparación con el envase tradicional. De las dos modificaciones, la del costal de fique parece ser la más efectiva, ya que sus medias se acercan más a los rangos mencionados previamente, teniendo en cuenta el tipo de tomate, la temperatura y el grado de madurez de los frutos evaluados.



4.3 pH

Maldonado (2001) reveló que el pH del tomate de la variedad chonto se encuentra influenciado por el grado de madurez del fruto. Para el tomate en estado verde, el pH se sitúa en 4,47; mientras que para el estado verde- maduro se ubica en 4,45 y para el estado maduro, en 4,51. De acuerdo con Ciruelos-Calvo *et al.* (2008), el rango típico del pH del tomate oscila entre 4,4 y 4,6, siendo poco probable que se salga de estos valores. Esto garantiza de manera eficaz la estabilidad microbiológica del fruto, convirtiéndolo en un producto fácil de manejar en entornos industriales.

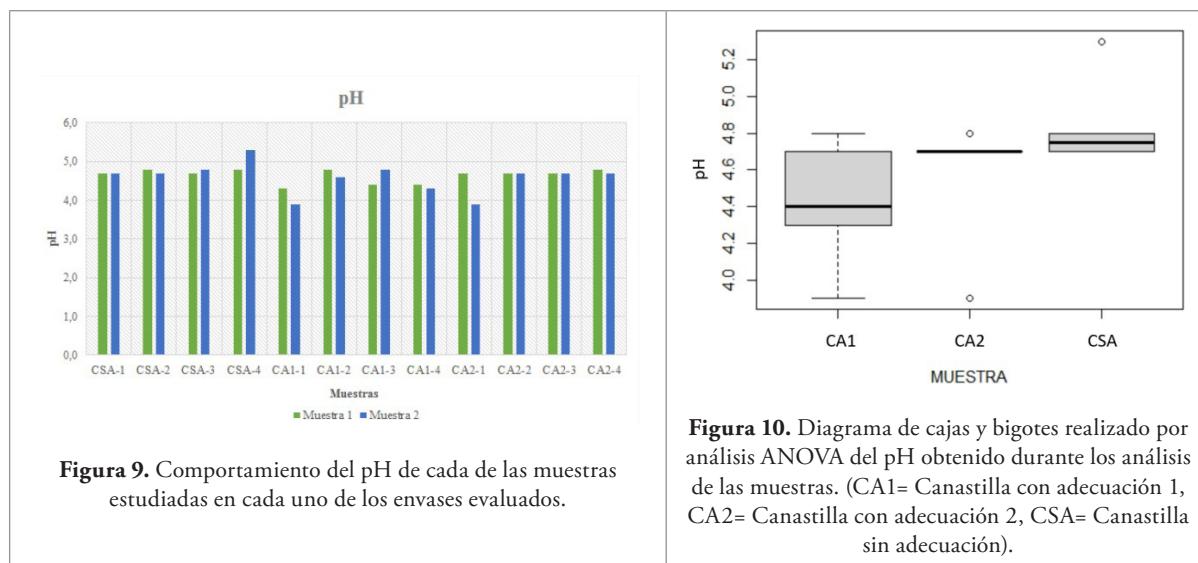
La Figura 10 presenta los datos de pH obtenidos de cada muestra en las tres canastillas estudiadas. Se aprecia que todas las mediciones se encuentran en el rango de 3,5 a 4,7, cumpliendo en su mayoría con los intervalos establecidos para cada nivel de madurez. En la Figura 10, a través de un diagrama de cajas, se constata

que las muestras CSA y CA2 no exhiben diferencias significativas, lo mismo sucede con CA1 y CA2. Sin embargo, se observa una diferencia significativa entre CSA y CA1. Dado que todas las muestras estuvieron expuestas a las mismas condiciones externas que pudieran afectar este parámetro, la única justificación plausible para esta diferencia es el grado de madurez de las unidades analizadas.

Como señala Poveda Pérez (2015), en la mayoría de los casos, el pH de la pulpa disminuye rápidamente a medida que el fruto madura. Esto se refleja en las medias presentes en el diagrama de cajas de la Figura 9, donde la media de CSA es más alta que la media de los datos de CA1, lo que indica que las muestras CSA tienen un mayor grado de madurez en comparación con las de CA1. Con base en la investigación de Cardona & Velázquez (2012), se puede inferir que las unidades muestreadas de CSA estaban en un estado de mayor

madurez que las de CA1. En resumen, tras la evaluación de este parámetro y su respectivo análisis, se

concluye que ninguna de las modificaciones presentadas provoca un cambio significativo en el pH del fruto.



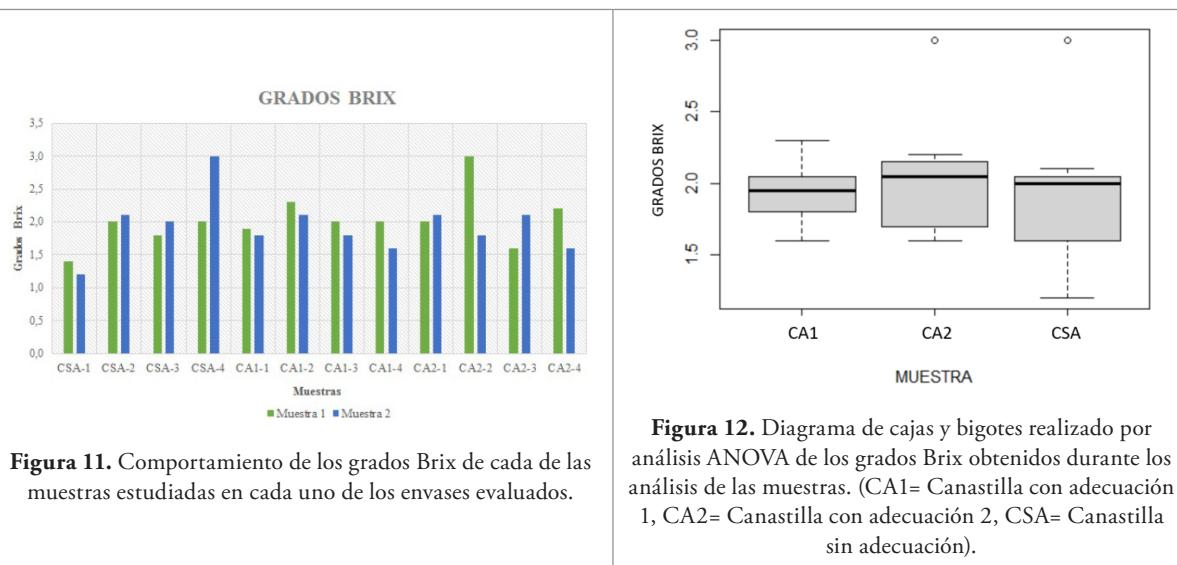
4.4 Grados Brix

De acuerdo con Ciruelos-Calvo *et al.* (2008), la mayoría de las variedades de tomate presenta un contenido de sólidos solubles, medido en grados Brix, que oscila entre 4.5 y 5.5. Estos valores pueden variar en función de factores como las condiciones climáticas durante el proceso de maduración y el riego. Por lo tanto, es común que los tomates maduros y comercialmente viables tengan un contenido de grados Brix que se sitúa entre 4° y 7°, según los resultados presentados por Casierra & Avendaño (2008). En el caso de este estudio, las muestras analizadas se encontraban en un grado de madurez comercial de 5°, como se muestra en la Figura 10.

Sin embargo, al observar la Figura 11 y considerando los rangos mencionados anteriormente, se evidencia que los grados Brix obtenidos durante los análisis de laboratorio para todas las muestras son significativamente más bajos, oscilando entre 1,4 y 3. Esto implica

que los frutos analizados fueron cosechados en una etapa temprana y no lograron acumular una alta concentración de sólidos solubles, como lo sugiere Salunkhe *et al.* (1974), citado por Casierra & Avendaño (2008).

La Figura 12, representada a través de diagramas de cajas, muestra que no existen diferencias significativas entre las muestras analizadas con las diversas modificaciones en las canastillas. Por lo tanto, se puede concluir que ninguna de las adaptaciones influye de manera negativa o positiva en los grados Brix del producto. Estos valores probablemente están más influenciados por factores relacionados con la precosecha y factores ambientales, como la composición mineral del suelo, las prácticas de poda, el riego, la temperatura, la humedad, entre otros (Loor Baque, 2016), en lugar de factores postcosecha, como el transporte, el tipo de embalaje, el vehículo de transporte y la manipulación del producto, entre otros.

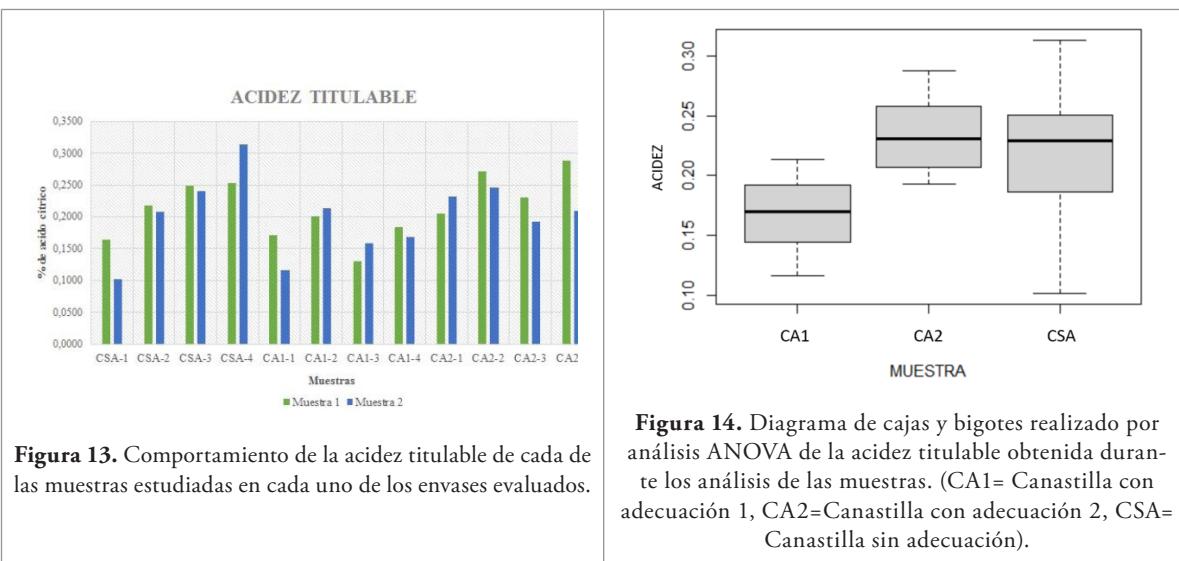


4.5 Acidez titulable

El estudio de Turhan & Seniz (2009) indica que el contenido de acidez titulable (AT) en los tomates osciló entre un 0.22 % y un 0.40 % de ácido cítrico. Asimismo, Cantwell *et al.* (2007) informan que la acidez titulable en siete tipos distintos de tomates cultivados se encuentra en un rango de 0.28 % a 0.38 % de ácido cítrico. Casierra & Avendaño (2008) argumentan que los tomates cosechados en etapas tempranas de maduración no desarrollan completamente los procesos bioquímicos que convierten los ácidos orgánicos en compuestos que influyen en el sabor y el aroma de los frutos.

La Figura 13 revela que las muestras analizadas presentan variaciones en los niveles de acidez titulable,

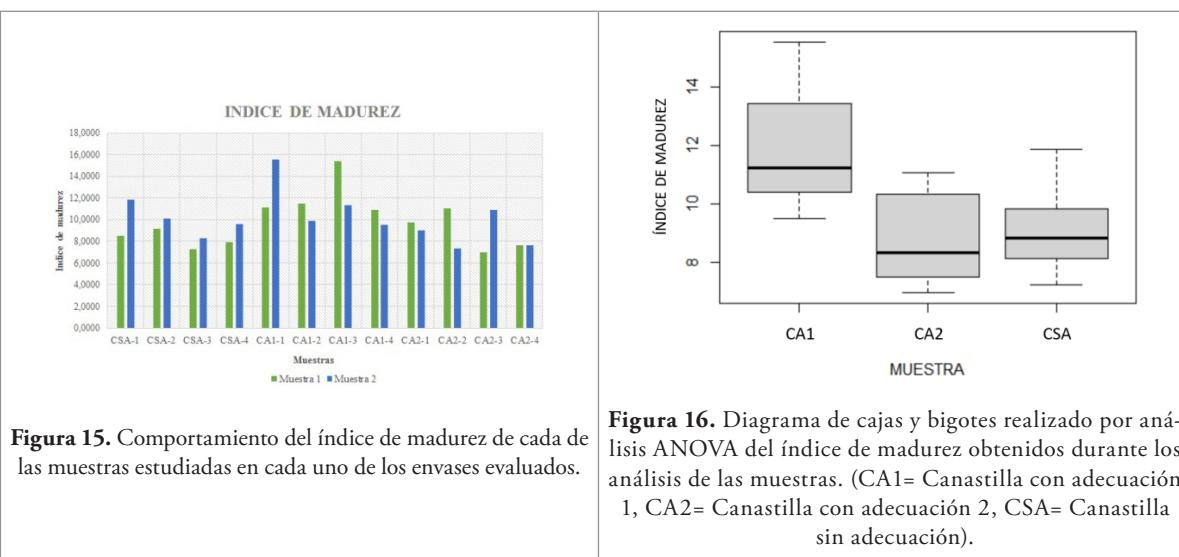
abarcando un intervalo que va desde un 0.10 % hasta un 0.32 % de ácido cítrico. En líneas generales, estos valores se asemejan a los obtenidos por Turhan & Seniz (2009). En cuanto a la Figura 14, se observa a través de los diagramas de caja que no existen diferencias significativas entre las muestras de CA2 y CSA. Esto podría deberse al hecho de que las unidades estudiadas en cada una de las modificaciones presentaban niveles de madurez diferentes, ya que la madurez del fruto y, por ende, su actividad de respiración celular son factores que inciden en los porcentajes de acidez (Pinzón *et al.*, 2007). En efecto, a medida que el grado de madurez del fruto aumenta, se observa una disminución en el porcentaje de acidez presente en el mismo (Rodríguez *et al.*, 2005).



4.6 Índice de madurez

En la Figura 15, se aprecia una marcada diferencia en el índice de madurez de las muestras analizadas en CA1 en comparación con las muestras de CA2 y CSA. Esta notable disparidad se visualiza de manera más efectiva en los gráficos de cajas y bigotes presentados en la Figura 16. Además, la diferencia significativa se atribuye principalmente a una disminución sustancial en la acidez y a un leve aumento en el contenido de sólidos solubles, como lo explican Gómez & Camelo (2002). Esto se respalda con los resultados previamente mencionados en cuanto a la acidez titulable y los grados Brix.

En estos resultados, se evidencia que las unidades de CA1 presentan una acidez titulable considerablemente más baja que las unidades de CSA y CA2. Esto no indica necesariamente que las unidades de CA1 se cosecharon en un estado de mayor madurez en comparación con las unidades de CA2 y CSA. Este hallazgo se asemeja a lo que encontraron Casierra & Avendaño (2008), quienes observaron un índice de madurez más elevado en frutos que alcanzaron una maduración más avanzada en comparación con otros tipos de frutas estudiadas.



4.7 Pérdida de peso

En las Figuras 17 y 18, se aprecia la evolución de la pérdida de peso en las muestras analizadas para cada una de las modificaciones estudiadas. En ambas figuras, se observa que las muestras en CSA experimentaron una pérdida de peso significativamente mayor, con una media del 1 % durante las 72 horas de seguimiento. Estos resultados concuerdan con hallazgos previos de Escalona *et al.* (2019), que reportaron un aumento en la pérdida de peso en tomates que no estaban envasados en comparación con los que se encontraban en bolsas de plástico. Por otro lado, las otras dos canastillas con adecuaciones mostraron un comportamiento muy similar.

La pérdida de peso está directamente influenciada por factores como la especie, la variedad del producto, su estado de salud, la humedad relativa, las altas temperaturas, los vientos, entre otras condiciones (López, Vergara & Yepes, 2000). En este estudio, solo se pueden considerar dos de estos factores: la temperatura y la humedad relativa, ya que los demás son uniformes en todas las muestras y canastillas evaluadas. En cuanto a la temperatura, se ha demostrado que, a temperaturas más bajas, la pérdida de peso disminuye,

como lo demostró Navarro-López *et al.* (2012). Aquí, la temperatura proporcionada por cada una de las modificaciones en las canastillas pudo haber influido en la temperatura del producto debido a la naturaleza de los materiales utilizados en las modificaciones. Esto se alinea con lo mencionado por Vázquez (2001) y el Centro de Comercio Internacional (2000), que advierten sobre los efectos no deseados de la interacción entre el envase y el alimento, ya que los alimentos pueden deteriorarse debido a una protección insuficiente contra cambios de temperatura y pérdida de humedad.

En cada una de las adecuaciones realizadas, se buscó mantener condiciones de HR menos variables en comparación con el envase tradicional, como se menciona en el trabajo de Cipriani (2016). Dado el alto nivel de HR en las muestras de CA1 y CA2, se puede explicar el bajo déficit de presión de vapor (VPD) y, por ende, la baja tasa de transpiración de los tomates, lo que resulta en una pérdida de peso menor en comparación con las muestras de CSA. A la luz de estos hallazgos, se justifica la aplicación de las modificaciones en el envase, ya que claramente reducen la pérdida de peso del producto en un período de tiempo determinado.

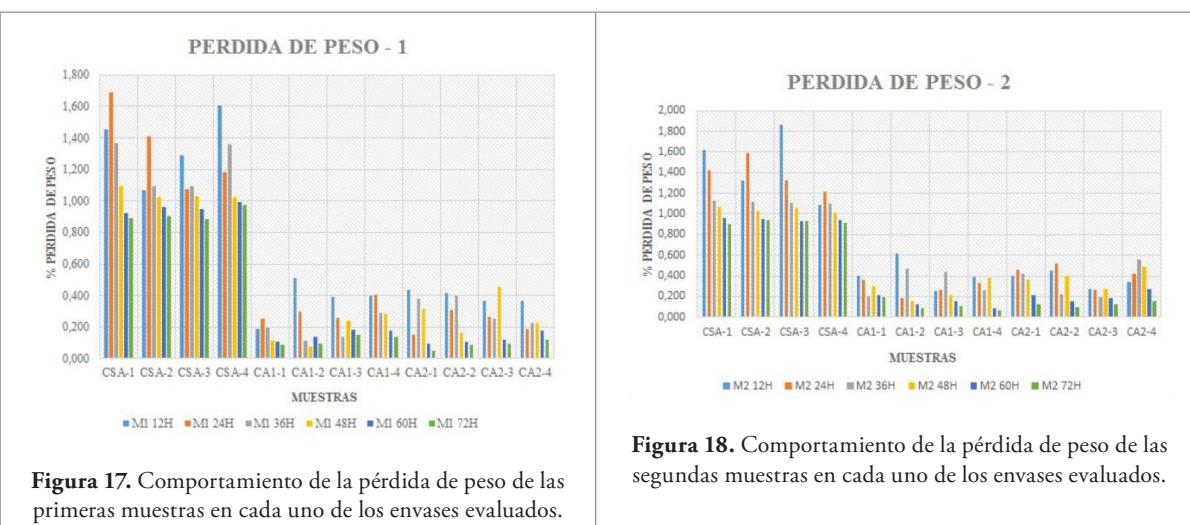


Figura 17. Comportamiento de la pérdida de peso de las primeras muestras en cada uno de los envases evaluados.

Figura 18. Comportamiento de la pérdida de peso de las segundas muestras en cada uno de los envases evaluados.

4.8 Textura

En la Figura 19, se puede apreciar que la dureza de las muestras evaluadas se encuentra en un rango de 1 Kgf a 1,5 Kgf, con la excepción de tres valores atípicos que tienen un impacto mínimo en la media de las muestras. Además, este rango de dureza se correlaciona con un estado de madurez que oscila entre 3 y 5, según lo indicado en la Figura 3. Estos resultados son coherentes con los hallazgos previos de Gómez & Camelo (2002), quienes informaron que la dureza de los frutos con un grado de madurez entre 3 y 5 se sitúa entre 1,019 Kgf y 0,969 Kgf. Asimismo, son similares a los resultados presentados por Casierra & Avendaño

(2008), que muestran valores de dureza entre 0,624 Kgf y 0,742 Kgf para tomates con un grado de madurez entre 4 y 5.

En la Figura 20, se puede observar que, según el diagrama de cajas y bigotes, las muestras analizadas en CSA, CA1 y CA2 no presentan diferencias significativas entre ellas. Esto sugiere que las modificaciones introducidas en las canastillas no afectan la calidad en términos de textura del producto analizado. A través de este análisis, se presume que los frutos evaluados tenían un grado de madurez muy similar entre las unidades analizadas.

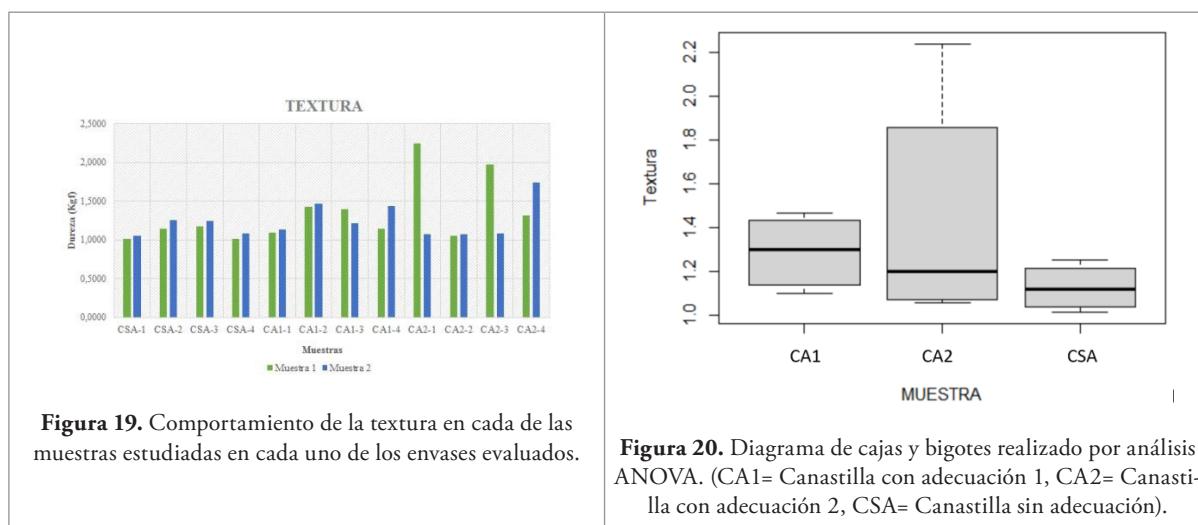


Figura 19. Comportamiento de la textura en cada una de las muestras estudiadas en cada uno de los envases evaluados.

Figura 20. Diagrama de cajas y bigotes realizado por análisis ANOVA. (CA1= Canastilla con adecuación 1, CA2= Canastilla con adecuación 2, CSA= Canastilla sin adecuación).

5. CONCLUSIONES

Las modificaciones implementadas en el envase tradicional utilizado para el transporte del tomate (*Solanum lycopersicum*) han tenido un impacto positivo en la reducción de las pérdidas de producto, logrando una disminución que oscila entre el 9 % y el 9.7 %. Además, estas modificaciones han generado mejoras en las características fisiológicas y fisicoquímicas del tomate, al tiempo que han reducido la incidencia de cortes y golpes durante su transporte. De acuerdo con las evaluaciones realizadas, se ha observado que la modificación que ha tenido el mayor impacto positivo es el recubrimiento de las paredes con polietileno inyectado (CA2). Este recubrimiento ha demostrado beneficios significativos en aspectos como la intensidad

respiratoria, la pérdida de peso y, al mismo tiempo, ha mantenido sin alteraciones características fundamentales como la acidez titulable, el índice de madurez, los grados Brix, el pH y la textura del tomate.

Las adaptaciones realizadas en el envase tradicional han tenido un impacto positivo en la reducción de la pérdida de peso debido a la influencia de la humedad relativa en el entorno cercano a los tomates. La variación en la intensidad respiratoria de los tomates está relacionada con las modificaciones en el envase tradicional. Los tomates que se encontraban en las canastillas modificadas presentaron una intensidad respiratoria más baja en comparación con las unidades en canastillas sin ninguna modificación. Esta variación en la intensidad respiratoria se ve afectada por las alteraciones

en el envase tradicional, así como por el tamaño de los tomates estudiados y los daños mecánicos ocurridos durante el proceso de transporte logístico. Además, se observó que factores como la acidez titulable y el índice de madurez se vieron influenciados por la adaptación 1 (CA1), ya que las unidades muestradas presentaron una menor concordancia tanto con los datos teóricos como con los datos obtenidos de los tomates en las canastillas sin adaptación.

REFERENCIAS

- Arroyo, P., Mazquiaran, L., Rodríguez, P., Valero, T., Ruiz, E., Ávila, J., Varela, G. (2018). *Informe de Estado de Situación sobre Frutas y Hortalizas: Nutrición y salud en la España del S. XXI*. Fundación Española de la Nutrición (FEN)
- Brenes Peralta, L., Jiménez Morales, M. F., & Gamboa Murillo, M. (2015) *Diagnóstico de pérdidas y desperdicio alimenticio en los canales de comercialización de la agrocadena de tomate costarricense para su posterior disminución*. (Tesis de grado). Tecnológico de Costa Rica.
- Cámara de Comercio de Bogotá, C. D. C. (2015). *Manual Tomate*. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/items/07a59e71-e07c-4b73-95b1-00214049630a>
- Camelo, A. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas*. Servicios Agrícolas de la FAO, 1.
- Cantwell, M., Stoddard, S., LeStrange, M., & Aegerter, B. (2007). *Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2006*. UCCE Fresh Market Tomato Variety Trial 2006 Postharvest Evaluation. UC Davis.
- Casierri-Posada, F., & Avendaño, Ó. A. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 300-307.
- Centro de Comercio Internacional. (2000). *Diseño de envases y embalajes: manual del usuario profesional*. Centro de Comercio Internacional, UNCTAD/OMC.
- Cipriani Villar, C. (2016). *Efecto del empaque en el contenido de humedad final para dos tipos de manzanas deshidratadas en almacenamiento controlado*. (Tesis de grado). Universidad San Ignacio de Loyola.
- Ciro Velásquez, H. J., & Millán Cardona, L. D. J. (2012). Caracterización mecánica y física-química del banano tipo exportación (Cavendish valery). En *Desarrollo y transversalidad*. Corporación Universitaria Lasallista.
- Ciruelos-Calvo, A., De la Torre, R., & González-Ramos, C. (2008). Parámetros de calidad en el tomate para industria. *La agricultura y la ganadería extremeñas en 2007*. https://www.unex.es/conoce-la-uez/centros/cia/archivos/ia/2007/2007_09%20Parametros%20de%20calidad%20en%20el%20tomate%20para%20industria.pdf
- Da Luz Castro, J. (2015). *Ánalisis de los requerimientos y características de materiales poliméricos de empaque en el sector de la industria de alimentos en Costa Rica*. (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica.
- De Gorter, H., Drabik, D., Just, D. R., Reynolds, C., & Sethi, G. (2021). Analyzing the economics of food loss and waste reductions in a food supply chain. *Food Policy*, 98, 101953.
- DECCO Naturally Postharvest (30 de noviembre de 2018). Poscosecha de tomate: como garantizar una óptima conservación. <https://www.deccoiberica.es/poscosecha-de-tomate-como-garantizar-una-optima-conservacion/>
- DNP (2016). Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Estudio_Perdidas_desperdicios_alimentos_Ficha.pdf
- Echeverri, R. D., Franco Montoya, L. M., & González Velásquez, M. R. (2015). *Fique en Colombia*. Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Escalona Contreras, V. H., Correa San Martín, J., & González Oliva- res, A. (2019). Manejo postcosecha de tomates y pimientos frescos y de IV gama. *Ciencias Agronómicas*, 32. Universidad de Chile.
- Escobar, H. & Lee, R. (Editores). (2001). *Producción de tomate bajo invernadero*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- FAO (2017). *The future of food and agriculture—Trends and challenges*. Annual Report.
- FAO (2015). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. Oficina regional de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura para América Latina y el Caribe. Food and Agriculture Organization, Santiago de Chile.
- FAO (2014). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/3/a-i3942s.pdf>
- FAO (2013). *Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources: Summary Report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención*. Roma
- FAO (2011). *Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention*. <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.htm>
- FAO (2010). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. Organismo de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas.

- Fatemeh Malekian, P. C. (s.f.). *Transporte de productos agrícolas frescos: las mejores prácticas para garantizar la inocuidad de los alimentos en granjas*. LSU AgCenter. <https://www.lsuagcenter.com/-/media/system/1/b/6/c/1b6ce6720de9342cfb18a4c37d71430e/pub3442-span%20-%20transportationoffreshproduce%20-%20bestpracticeson-farmfoodsafety.pdf.pdf>
- Fedecafe (1985). *El cultivo del tomate*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Fibras de Centroamérica S.A –Fideca–. (s.f.). Saco de cabuya, fique o henequén. <http://www.sancristobal.com/fideca/?p=637>
- Food Wastage Footprint (Project). (2013). *Food wastage footprint: impacts on natural resources: summary report*. Food & Agriculture Organization of the UN (FAO).
- García, G. (2012). *Elaboración de un paquete tecnológico para productores, en manejo, cosecha y poscosecha de mora (Rubus glaucus Benth.) aplicando ingeniería de calidad y determinación de las características nutracéuticas de la fruta en precosecha, en el municipio de Silvania Cundinamarca*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Ghaani, M., Cozzolino, C. A., Castelli, G., & Farris, S. (2016). An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 1-11.
- Giraldo, G., & Inés, G. (1999). Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, P. A., & Camelo, A. F. (2002). Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. *Horticultura Brasileira*, 20(1), 38-43.
- Holle, M. & Montes, A. (1982). *Manual de enseñanza práctica de producción de hortalizas*. IICA.
- ICBF (2018). *Tabla de composición de alimentos colombianos*. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Gil, L., García, M., Hio, J., Garzón, D., . . . Guzmán, M. (2013). *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas*. Corpoica. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13320>
- Jaramillo, J., Rodríguez, V.P., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). *Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Gobernación de Antioquia, FAO-MANA, Corpoica.
- Jayathunge, L. & Wasala, M., Rathnayake, H., Gunawardane, C., Samarakoon, H., & Fernando, K. (2004). Evaluation of different types of packages for handling and transportation of vegetables. *Agriculture Nigeria*. <https://www.agriculturenigeria.com/evaluation-of-different-types-of-packages-for-handling-and-transportation-of-vegetables/>
- Loor Baque, J. S. (2016). *Efecto de alternativas de fertirrigación y podas de mantenimiento en el rendimiento del tomate industrial (*Lycopersicum esculentum* Mill.) bajo invernadero*. (Tesis de grado). UCE.
- López Hoyos, J. H., Vergara Ruiz, R., & Yépes Rodríguez, F. C. (2000). *Fortalecimiento y capacitación técnico empresarial para cuatro microempresas agroindustriales del municipio de Granada: manejo integrado de plagas y enfermedades*. Desarrollo de la Microempresa Rural – Pademer.
- Maldonado Amaya, L. M. (2001). *Estudio comparativo entre el tomate larga vida y tomate chonto para la determinación de su vida útil*. (Tesis de grado). Universidad de La Salle.
- Maquifrut S.L. (s.f.). Malla de polietileno expandido, envases y embalajes. <http://maquifrut.com/productos/envases-embalaje/malla-polietileno-expandido/>
- Martín-Hernández, S., Ordaz-Chaparro, V. M., Sánchez-García, P., Beryl Colinas-Leon, M. T., & Borges-Gómez, L. (2012). Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) producido en hidroponia con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia*, 46(3), 243-254.
- Ministerio de Agricultura de la República de Colombia. Agronet. (2021). Área, producción y rendimiento nacional por cultivo. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Morillo, M. (2001). Rentabilidad financiera y reducción de costos. *Actualidad Contable FACES*, 4(4), 35-48. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25700404>
- MSPS y FAO (2012). *Perfil Nacional de Consumo de Frutas y Verduras*. Ministerio de Salud y Protección Social y Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura.
- Navarro-López, E. R., Nieto-Ángel, R., Corrales-García, J., García-Mateos, M. R., & Ramírez-Arias, A. (2012). Calidad poscosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(3), 263-277. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60926213001>
- Niampira Araque, F. S., & Cuellar Parra, M. C. (2017). *Evaluación del efecto de envasado en el almacenamiento del cubio (*Tropaeolum tuberosum R&P*) durante el manejo poscosecha*. (Trabajo de grado). Universidad de La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/168
- Opara, U. L., & Mditshwa, A. (2013). A review on the role of packaging in securing food system: Adding value to food products and reducing losses and waste. *African Journal of Agricultural Research*, 8(22), 2621-2630.
- Ortolá Ortolá, M. (2020). *Determinación de la tasa respiratoria de frutas*. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/145648/Ortolá%20-%20DETERMINACIÓN%20DE%20LA%20TASA%20RESPIRATORIA%20DE%20FRUTAS.pdf?sequence=1>
- Pantastico, E.R. B. (Ed.). 1979. *Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. Continental.
- Parfitt, J., Barthel, M. & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365, 3065-3081 <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/365/1554/3065.full.pdf>.

- Plazas Devia, J. & Montenegro, T. (1986). *Diseño de empaques y determinación de parámetros para en transporte de tomate*. (Tesis de grado). Universidad Surcolombiana.
- Pinzón, I. M., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis Sims.*). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95. <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316240010.pdf>
- Povea, I. (2014). *La función del envase en la conservación de alimentos*. Universidad de La Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=edunisalle_ciencias-basicas-ingenieria
- Poveda Pérez, J. A. (2015). *Comportamiento de los parámetros físicos-químicos y fisiológicos de la pera variedad triunfo de Viena (*Pyrus communis*, (L.) Burn), para identificar las condiciones óptimas de cosecha*. (Tesis de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Reina, C. E., Guzmán Torres, J. C., & Sánchez Peña, J. M. (1998). *Manejo postcosecha y evaluación de la calidad de tomate (*Lycopersicum Esculentum Mill*) que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Universidad Surcolombiana.
- Rodríguez, D. A., Patiño Gutiérrez, M. P., Miranda Lasprilla, D., Fischer, G., & Galvis Vanegas, J. A. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus Haw.*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía y Medicina*, 25(1), 1-10.
- Agronomía-Medellín, 58(2), 2837-2857. <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914237004.pdf>
- Ruiz Martínez, J., Vicente, A. A., Montañéz Saenz, J. C., Rodríguez Herrera, R. & Aguilar González, C. N. (2012). Un tesoro perecedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaque. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 54, 57-63. <https://revistas.uaa.mx/index.php/investcien/issue/view/156>
- Scherrer-Montero, C. R., Dos Santos, L. C., Andreazza, C. S., Getz, B. M., & Bender, R.J. (2011). Mechanical damages increase respiratory rates of citrus fruit. *International Journal of Fruit Science*, 11(3), 256-263.
- Suslow, T. V., Cantwell, M. (22 de enero del 2013). Calidad postcosecha en tomate. <https://www.tecnicoagricola.es/calidad-postcosecha-en-tomate/>
- Turhan, A., & Şeniz, V. (2009). Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 4(10), 1086-1092.
- Vanderroost, M., Ragaert, P., Devlieghere, F., & De Meulenaer, B. (2014). Intelligent food packaging: The next generation. *Trends in Food Science & Technology*, 39(1), 47-62.
- Vázquez, M. (2001). *Avances en seguridad alimentaria*. Editorial Altaga.
- Yahia, E. M. (1992). *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Centro de Investigaciones en Alimentos y Desarrollo.

IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE ALIMENTOS E INSUMOS AGROPECUARIOS DESDE LA PLANEACIÓN AGROLOGÍSTICA. EXPERIENCIA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA

IDENTIFICATION OF LOSSES OF FOOD AND AGRICULTURAL INPUTS FROM AGROLOGISTICS PLANNING. EXPERIENCE IN THE DEPARTMENT OF HUILA



¹Gerson Vásquez Vergara, ²Andrés Camilo Correa Núñez, ³Adrián Smith Manrique Gómez,
⁴Gina Paola Montoya Baena, ⁵Dora Inés Rey Martínez

^{1,2,3,4,5}Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, Colombia

Recibido: 10/10/2023 Aprobado: 30/11/2023

RESUMEN

En este artículo se presentan los antecedentes normativos y la articulación de la política pública relacionada con la reducción de pérdida y desperdicios de alimentos, y el ordenamiento del sector agropecuario a través del Decreto Ley 4145 del 3 del 2011, su relevancia en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”, a través de los ejes estratégicos: 1) Ordenamiento del territorio alrededor del agua y justicia ambiental, y 3) Derecho humano a la alimentación, y su relación con los ODS en Colombia, especialmente el ODS 12 –Producción y consumo responsables– y de forma indirecta con el ODS 2 –Hambre cero–. También se debe mencionar que la UPRA ha participado en todo el proceso de implementación y reglamentación de la Ley 1990 de 2019, en el marco de la “Mesa técnica de pérdidas y desperdicios de alimentos”, instaurada por la CISAN y a partir de la cual se estructuró la “Política para la prevención y la disminución de las pérdidas y los desperdicios de alimentos en Colombia” que fue aprobada por esta Comisión y adoptada a través del Decreto 375 de 2022. Aquí, la UPRA asumió responsabilidades específicamente con la formulación de los planes de agrologística, donde se desarrollan los formularios de los procesos de abastecimiento, almacenamiento, y transporte y distribución, en ellos se indaga sobre las proporciones de pérdidas y desperdicios generados en estos procesos, sus causas y posibles soluciones concertadas directamente con los actores que realizan estas actividades.

Palabras clave: pérdidas, desperdicios, agrologística, sector agropecuario, ordenamiento territorial.

Citación: Correa Núñez, A. C. (2023). Identificación de pérdidas de alimentos e insumos agropecuarios desde la planeación Agrologística. Experiencia en el departamento del Huila. *Publicaciones E Investigación*, 17(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.7434>

¹ gerson.vasquez@upra.gov.co - <https://orcid.org/0000-0003-4466-4370>

² andres.correa@upra.gov.co - <https://orcid.org/0000-0001-6531-2935>

³ adrian.manrique@upra.gov.co - <https://orcid.org/0000-0002-1881-8324>

⁴ gina.montoya@upra.gov.co - <https://orcid.org/000-0003-0098-4583>

⁵ doraines.rey@upra.gov.co - <https://orcid.org/0000-0002-1432-5223>

<https://doi.org/10.22490/25394088.7434>

ABSTRACT

The regulatory background and the articulation of public policy related to the reduction of food loss and waste are presented, and the ordering of the agricultural sector through Decree Law 4145 of 3 of 2011, its relevance in the National Development Plan 2022- 2026 'Colombia, world power of life', through the Strategic Axes: 1) Territorial planning around water and environmental justice, and 3) Human Right to Food, and its relationship with the SDGs in Colombia, especially SDG 12 - Responsible Production and Consumption- and indirectly with SDG 2 – Zero Hunger-. It should also be mentioned that UPRA has participated in the entire process of implementation and regulation of Law 1990 of 2019, in the 'Technical Table on Food Loss and Waste', established by CISAN and from which the 'Policy for the prevention and reduction of food losses and waste in Colombia' that was approved by this Commission and adopted through Decree 375 of 2022. Here, the UPRA assumed responsibilities specifically with the formulation of the Agrologistics Plans, where the forms of the supply, storage, and transportation and distribution processes are developed, in which the proportions of losses and waste generated in these processes are inquired. their causes and possible solutions agreed directly with the people who carry out these activities.

Key words: *Losses, waste, agrologistics, agricultural sector, land use planning.*



1. INTRODUCCIÓN

En los 30 últimos años se han presentado considerables cambios en la manera como se concentra la población, en los requerimientos de alimentación de esta y han surgido nuevas tendencias de desarrollo. La mayoría de las investigaciones sobre cadenas de suministro han estado enfocadas en el sector de manufactura y servicios, pero los actuales desafíos del mundo real, como la gran contribución de la agricultura en la producción de materias primas para la industria, la rápida industrialización de la agricultura y la preocupación por la seguridad alimentaria de la población mundial, entre otros, han motivado a las partes interesadas a considerar el sector agropecuario y el agroalimentario desde la perspectiva de la cadena de suministro (Shukla & Jharkharia, 2013).

La cadena de suministro comienza con la adquisición de materias primas no procesadas y termina con la entrega de productos terminados al cliente final. A través de esta se genera un intercambio tanto de materiales como de información que incluyen proveedores, vendedores y clientes, entre otros (LeMay, Helms, Kimball, & McMahon, 2017).

La administración de la cadena de suministro es una función integradora entre la oferta y la demanda dentro y entre integrantes de la misma. Abarca la planificación y gestión de todas las actividades involucradas en el abastecimiento, producción, comercialización y las actividades logísticas. Busca mejorar los costos, el servicio al cliente, coordinar los flujos de productos para mejorar el desempeño productivo a largo plazo de los actores de la cadena y sus relaciones, y así alcanzar una ventaja competitiva sostenible.

Las cadenas de suministro agropecuarias deben atender y ajustarse a los nuevos desarrollos demográficos y de concepción de bienestar, al nuevo enfoque social en la sostenibilidad, a los nuevos avances en automatización de procesos, a la virtualización y sistemas de información para mejorar la disponibilidad y transparencia de esta y a los requerimientos de la globalización y las economías a escala.

El impacto de estas nuevas tendencias de las cadenas de suministro agropecuarias va desde el incremento de la demanda de alimentos en cantidad, calidad y con valor agregado, pasando por la necesidad de

reducción de costos para mejorar la competitividad, la reducción de las pérdidas y desperdicio de alimentos, hasta los flujos globales con requerimientos de trazabilidad y sostenibilidad que se adapten a las demandas de los consumidores. Allí surgen conceptos como “de la granja a la mesa”.

Por lo anterior, la Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios –UPRA– ha tomado la iniciativa de desarrollar ejercicios enfocados a la priorización de las cadenas de suministro que prevalecen en los territorios, en este caso para el departamento del Huila, y a partir allí, diseñar instrumentos de ordenamiento productivo como lo fue el Plan departamental de agrologística –Huila–, que buscó el equilibrio entre la eficiencia de los procesos de abastecimiento, almacenamiento y distribución, sus flujos, los costos productivos, minimizar las pérdidas y desperdicios de alimentos, lo que implica promover desde la gestión de los procesos logísticos proyectos clave para el desarrollo regional.

2. COMPETENCIAS PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS DE ALIMENTOS DESDE LA UPRA

La UPRA, adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), es una entidad de carácter técnico y especializado que tiene por objeto orientar la política de gestión del territorio para usos agropecuarios, función descrita ampliamente en el Decreto Ley 4145 del 3 de noviembre del 2011, y que es clara en establecer acciones para planificar el ordenamiento social de la propiedad de la tierra rural, el uso eficiente del suelo para fines agropecuarios, la adecuación de tierras, el mercado de tierras rurales y la generación de lineamientos, indicadores y criterios que faciliten el seguimiento y evaluación de las políticas públicas en estas materias (Presidencia de la República de Colombia, 2011).

Con la claridad en las funciones de la UPRA, el Plan Nacional de Desarrollo 2022- 2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”, enmarca el compromiso del Estado, con el liderazgo del Gobierno nacional, para

garantizar de manera progresiva el Derecho humano a la alimentación adecuada, donde se evidencia una conexión directa entre los ejes transformacionales 1 y 3: 1) Ordenamiento del territorio alrededor del agua y justicia ambiental, y 3) Derecho humano a la alimentación; lo que implica iniciar un ejercicio de armonización de la planificación territorial en pro de la producción de alimentos para el consumo humano, donde se priorice la población de estos territorios sin descuidar las necesidades de abastecimiento de los centros poblados, municipios y ciudades, así como su proyección para el abastecimiento de alimentos a nivel internacional.

Con esto, el eje transformacional 1 en su segundo catalizador, “El agua, la biodiversidad y las personas, en el centro del ordenamiento territorial”, plantea una doble función de los determinantes ambientales, que por un lado “orientan los modelos de ocupación del territorio y, por el otro, protegen el suelo rural para el derecho a la alimentación, a la vivienda y el hábitat” (DNP, 2023, p. 45). Y, de forma articulada, el eje transformacional 3, se alinea con lo establecido en la Reforma Rural Integral, del Acuerdo Final de Paz, señalando que “Colombia debe producir más alimentos de manera eficiente e incluyente con los pequeños productores y utilizando ciencia, tecnología e innovación”, lo que se debe dar a través de instrumentos de ordenamiento productivo para la planificación de la producción agropecuaria para avanzar hacia sistemas agroalimentarios territoriales que permitan un desarrollo sostenible e incluyente en estos; donde además, “se reduzcan las pérdidas en la producción primaria, postcosecha y almacenamiento y los desperdicios en etapas de comercialización y de consumo de alimentos, aplicando alternativas tecnológicas y acciones de información, sensibilización y educación, así como el diseño y puesta en funcionamiento de un sistema de medición” (DNP, 2023, pp. 126-129).

El compromiso nacional para el desarrollo en el mediano plazo se encuentra perfectamente alineado con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia, especialmente el ODS 12 –Producción y consumo responsables– y de forma indirecta con el ODS 2 –Hambre cero–, pues es claro que el hecho de

que los alimentos se pierdan o se desperdicien mientras hay personas que padecen hambre es en primer lugar, “un signo de la insostenibilidad de los sistemas alimentarios, ya sea como resultado de sistemas alimentarios insostenibles o como causa de ellos, y un símbolo tanto de inefficiencia como de desigualdad de los sistemas alimentarios actuales” (HLPE, 2014, pp. 35 y 39)

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos globalmente para consumo humano se pierden o se desperdician (medidos por peso) (FAO, 2011), lo que conduce a considerables costos económicos, sociales y ambientales. Así, hay pérdidas económicas para los agricultores y demás actores de la cadena e incremento en el precio para los consumidores; también se evidencia una “mayor emisión de millones de toneladas de gases de efecto invernadero que se relacionan con el uso significativo de tierra, agua, energía e insumos agrícolas invertidos en la producción de alimentos” que no cumplen su función nutricional y dificultan la transición a sistemas alimentarios ambientalmente sostenibles, lo que requiere innovación para proteger y mejorar la base de recursos naturales y en paralelo se aumente la productividad y la inclusión que reclama la proyección del crecimiento demográfico mundial (FAO, 2018, p. 1).

Con el análisis de expertos y la hoja de ruta para el desarrollo del país en el corto plazo, vale la pena reconocer las repercusiones de las pérdidas y desperdicios de alimentos, que a grandes rasgos se expresan en tres principales formas: 1) reduce la disponibilidad mundial y local de alimentos; 2) repercuten negativamente en el acceso debido a la subida de los precios de los alimentos, en el caso de los consumidores, o a pérdidas económicas, en el caso de los actores de las cadenas agroalimentarias; y, 3) producen un efecto a más largo plazo debido a la utilización insostenible de los recursos naturales de los que depende la producción futura de alimentos (HLPE, 2014, pp. 39-40). Por lo tanto, reducir la pérdida de enormes cantidades de alimentos a lo largo de los diferentes niveles de la cadena de valor alimentario es una prioridad clave para mejorar la seguridad alimentaria, la nutrición y la sostenibilidad de

los sistemas alimentarios para la garantía del derecho humano a la alimentación adecuada.

Conocido lo anterior, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible estableció su Meta 12.3: *Para 2030 disminuir a la mitad el desperdicio mundial de alimentos per cápita a nivel minorista y de consumo, así como reducir las pérdidas de alimentos a lo largo de la producción y las cadenas de suministro, incluidas las pérdidas postcosecha*. En el caso de Colombia, para estimar la pérdida y el desperdicio de alimentos se han tenido en cuenta los siguientes grupos de alimentos: 1) frutas y verduras, 2) raíces y tubérculos, 3) cereales, 4) granos, 5) carnes, 6) pescados, y 7) productos lácteos. A partir de las definiciones de “pérdida” y “desperdicio” de alimentos que establece la FAO (2011), para identificar si una disminución de alimentos corresponde a una pérdida o a un desperdicio, se tiene en cuenta el eslabón de la cadena alimentaria en el cual se genera. Para llevar a cabo esta clasificación, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y FAO han tenido en cuenta 5 eslabones: 1) producción agropecuaria, 2) postcosecha y almacenamiento, 3) procesamiento industrial, 4) distribución y retail, y 5) consumo (DNP, 2016, p. 7).

Teniendo en cuenta que la misionalidad de la UPRA, que se enfoca en aportar al análisis y a la prevención de las pérdidas de alimentos, cabe anotar que las causas exactas de las pérdidas de alimentos varían ampliamente de acuerdo con el producto y/o cultivo, y con las etapas de la cadena de valor alimentaria. Estas limitaciones “se pueden agrupar en macro categorías que incluyen tecnología, organización, infraestructura, prácticas y técnicas utilizadas, así como habilidades y conocimiento de los actores de la cadena de valor”. Están vinculadas a las condiciones específicas del país o región, donde la institucionalidad y las normas legales condicionan el funcionamiento de los sistemas alimentarios (FAO, 2018, pp. 7-8).

Dado el contexto actual, también se debe mencionar que la UPRA ha participado en todo el proceso de implementación y reglamentación de la Ley 1990 de 2019, en el marco de la Mesa técnica de pérdidas y desperdicios de alimentos, instaurada por la Comisión

Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CISAN) y a partir de la cual se estructuró la “Política para la prevención y la disminución de las pérdidas y los desperdicios de alimentos en Colombia” que fue aprobada por esta Comisión y adoptada a través del Decreto 375 del 14 de marzo de 2022. Aquí, la UPRA asumió responsabilidades concretas, específicamente con: *a)* la formulación de los planes de agrologística y de ordenamiento productivo (POP), instrumento que busca lograr el uso eficiente del suelo, la competitividad, la sostenibilidad social, ambiental y económica de manera articulada a los instrumentos del ordenamiento territorial y desarrollo rural existentes; y, *b)* el cálculo del Índice de informalidad en la tenencia de la tierra, el cual permitirá estimar, identificar y delimitar áreas con posible presencia de informalidad a nivel municipal, como un instrumento de planificación que priorice estrategias y acciones orientadas a la formalización de predios rurales. Así, con este par de instrumentos, se espera que los productores rurales de alimentos tengan acceso a la oferta sectorial de planes, programas y proyectos que fortalece la competitividad y la reducción de pérdidas de alimentos en los procesos productivos primarios (CISAN, 2022).

3. ANÁLISIS METODOLÓGICO DESDE LA AGROLOGÍSTICA

En particular, la experiencia de la UPRA para la identificación, y reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos, se ha venido desarrollando a través del ejercicio de agrologística tomando como insumo los conceptos de logística del Consejo de Profesionales de la Gestión de la Cadena de Suministro (CSCMP, 2013), y de Chopra & Meindl (2013). Dando como resultado que la agrologística se entiende como el proceso de planificación, implementación y control de procesos logísticos del sector agropecuario en un territorio determinado, a través de los ejes temáticos logísticos de: institucionalidad y normativa; capital humano, social y empresarial; infraestructura y servicios; y tecnologías de información y comunicación. Con el objetivo de identificar, caracterizar y planificar los procesos logísticos de las cadenas de suministro agropecuarias priorizadas por un territorio, con el fin de mejorar

la eficiencia de estas, de acuerdo con las políticas públicas y lineamientos aplicables a la agrologística, en concordancia con la vocación productiva del territorio, y así generar un instrumento de política pública que favorezca la competitividad en las cadenas agroalimentarias, contribuyendo a alcanzar la seguridad alimentaria y el desarrollo territorial (Correa & Muñoz, 2023).

Lo anterior mediante el desarrollo de una herramienta de política intersectorial territorial que permite atender los retos y cuellos de botella logísticos identificados para el sector agropecuario mediante una propuesta de estrategias y acciones de coordinación interinstitucional a nivel departamental, desarrollando condiciones habilitantes y promoviendo inversiones y servicios sectoriales necesarios para el desarrollo de una logística eficiente y competitiva de las cadenas de suministro agropecuarias en los territorios.

Dentro de la agrologística, existen diversos elementos que influyen en el desempeño de las cadenas y que deben ser considerados tanto individualmente, como en su conjunto, con el fin de obtener un panorama amplio de la agrologística en un territorio, el cual debe incluir una mirada tanto interna como de las dinámicas, flujos y conexiones con otros territorios.

A través del análisis de los ejes temáticos logísticos se identifican las particularidades de cada cadena, en lo referente a las formas de llevar a cabo las diversas actividades y las herramientas –físicas o digitales– utilizadas para cumplir su fin principal. Adicionalmente, permite entender los flujos que se dan dentro de la cadena desde el abastecimiento, el almacenamiento, y el transporte y distribución.

A continuación, se describen los ejes temáticos logísticos propuestos y sus interacciones con la carga y los procesos logísticos en las cadenas de suministro (Minagricultura, 2020):

- Institucionalidad y normativa
- Capital humano, social y empresarial
- Infraestructura y servicios
- Tecnologías de la información y las comunicaciones.

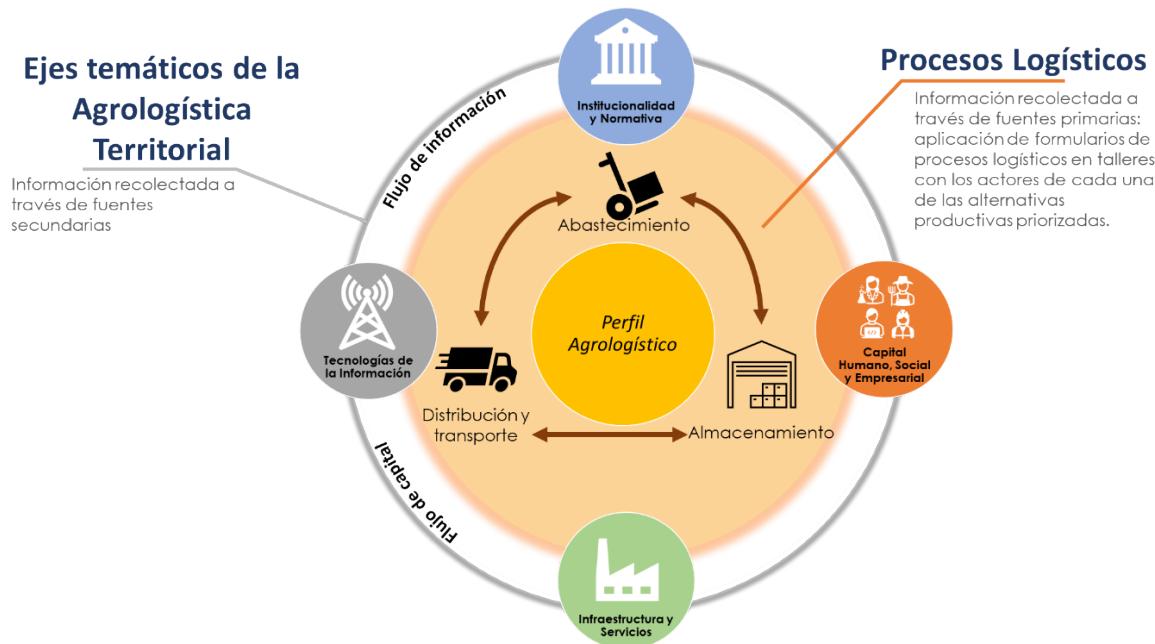


Figura 1. Ejes temáticos logísticos y sus interacciones.

Fuente: tomado de Manrique et al., 2023).

Como se observa en la Figura 1, el perfil agrologístico hace referencia al producto o productos agropecuarios que fluyen a lo largo de la cadena, saliendo del productor y llegando al consumidor final. Los procesos logísticos por otra parte abarcan las actividades que llevan la carga desde su lugar de producción hasta el de consumo, e inician con las operaciones de abastecimiento de insumos y materiales necesarios para la producción, continúa el almacenamiento propio de la necesidad de cada cadena agropecuaria, y terminan con las operaciones de transporte y distribución que permiten llevar el producto al consumidor final. Tanto el perfil agrologístico como los procesos logísticos se ven influenciados por ejes temáticos logísticos (Manrique et al, 2023).

Con el fin de definir las prácticas en cada uno de los procesos logísticos, se utilizan formularios de recolección de información para cada proceso logístico (abastecimiento, almacenamiento, transporte y distribución), cada formulario contiene preguntas de cómo se realizan estas actividades por cada uno de los actores de las alternativas productivas priorizadas, así como

preguntas relacionadas con las pérdidas y desperdicios en estos procesos y el manejo que se le da a los mismos. A continuación, se presentan las preguntas realizadas para cada proceso:

Formulario de abastecimiento

¿Se presentan pérdidas o deterioro de los insumos?

- Opciones de respuesta Si/No o No aplica
- Si la respuesta a la anterior pregunta es Sí, se abre la siguiente pregunta: por favor indique qué cantidad de pérdidas de producto se presentan durante el proceso de abastecimiento del insumo relacionado (en porcentaje %).

Las anteriores preguntas se repiten para cada uno de los tipos y agrupaciones de insumos para la producción:

- Material vegetativo o pajillas
- Abonos y fertilizantes
- Alimento balanceado, forrajes conservados y/o

materias primas

- Insumos para control de enfermedades y plagas (medicamentos, fungicidas, plaguicidas)
- Alternativa productiva (plántulas o animales).

Para el caso del abastecimiento de los equipos para la producción animal (ordeñadores, redes, jaulas, comederos, bebederos), maquinaria agrícola (tractores, sembradora, cosechadora, fumigadoras, implementos), sistemas de riego (válvulas, motobombas, aspersores, tubería) debido a la frecuencia, modo y garantías de compra que se manejan, no se realizó la pregunta.

Formulario de almacenamiento

¿Se presentan pérdidas o deterioro de los productos agropecuarios durante el almacenamiento?

- Si/No o No aplica
- Respuesta en valor de porcentaje

¿Cuál es la principal causa que genera pérdidas del producto terminado mientras se almacena?

- Ausencia de refrigeración y/o ambientes controlados
- Inadecuadas prácticas de apilamiento dentro en almacén
- Prolongados tiempos de almacenamiento o ayuno
- Inadecuados empaques y/o embalaje
- Inadecuados empaques y/o embalaje
- Otras

¿Cuál(es) proceso(s) se realiza(n) al producto terminado que se pierde o deteriora durante el almacenamiento?

- Alimentación de animales
- Reprocesamiento del producto
- Compostaje
- Relleno sanitario
- Banco de alimentos
- ONG
- Ninguno
- Otra.

Formulario de transporte y distribución

En este formulario se pregunta directamente ¿Qué cantidad de producto se pierde mientras se transporta al lugar de destino? y la respuesta está dada en porcentaje.

¿Cuáles son las causas que generan la pérdida del producto mientras se transporta?

- Ausencia de refrigeración
- Estado de las vías
- Exposición del producto al ambiente
- Inadecuadas prácticas de apilamiento dentro del vehículo
- Prolongados tiempos de duración del transporte
- Inadecuadas prácticas de conducción
- Inadecuados empaques y/o embalajes
- Fallas en la tecnología usada para el transporte de productos
- Otras.

El objetivo de esta actividad es conocer las problemáticas y propuestas por parte de los actores involucrados en la producción y desempeño logístico de las cadenas priorizadas. Así mismo, identificar las necesidades en materia logística manifestadas por los actores en los talleres; clasificar las necesidades por los ejes y sub-ejes temáticos logísticos; priorizar los principales requerimientos presentados por los actores de las cadenas agropecuarias priorizadas; y proponer potenciales proyectos con enfoque agrologístico para un determinado territorio.

4. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS LOGÍSTICOS RELACIONADOS CON PÉRDIDAS Y DESPERDICIOS PARA EL DEPARTAMENTO DEL HUILA

De acuerdo con los talleres de caracterización de procesos logísticos realizados en el departamento del Huila, se presentan los resultados generales de las sesiones de trabajo realizadas con los actores participantes de las cadenas productivas priorizadas.

Se llevaron a cabo 21 talleres en los meses de julio y agosto de 2022 con productores, asociaciones, empresarios, secretarios de las cadenas productivas del departamento y funcionarios gremiales, que representan las siguientes alternativas productivas priorizadas: café, cacao, caña, plátano, maíz, arroz, frijol, pasifloras, bovinos, guadua, ovinos, porcinos, piscícola, tomate, y aguacate. Adicionalmente se realizaron tres (3) talleres con administradores de las plazas de mercado de La Plata, Pitalito y Garzón.

En total participaron 100 personas y, de ellas, se obtuvieron 137 respuestas registradas, divididas de la siguiente manera en los formularios de caracterización de procesos logísticos (Tabla 1):

TABLA 1. NÚMERO DE RESPUESTAS OBTENIDAS

Formulario	Número de respuestas
Abastecimiento	79
Almacenamiento	32
Transporte y distribución	26
Total	137

Fuente: tomado de (Correa Núñez, & Muñoz González, 2022).

TABLA 2. TIPO DE ACTORES PARTICIPANTES

Tipo de actor según la actividad realizada	Nº de respuestas
Producción agropecuaria, asociación de productores	51
Administración de empresas de transformación de productos agropecuarios/Valor agregado	11
Administración de: acopio, almacenamiento, bodegas y/o plazas de mercado	5
Gremios (Cámara de Comercio del Huila, otros)	5
Asesoría técnica	5
Gubernamental (Oficina de Productividad y Competitividad, UPRA)	6
Secretaría de Agricultura y Minería (Equipo POPSPR y secretarios técnicos de cadena)	15
Institución sanitaria	1
Planeación y/o ejecución de transporte de carga de productos agropecuarios/Distribución	1
Total general	100

Fuente: tomado de (Correa Núñez, & Muñoz González, 2022).

En cuanto a los tipos de actores que participaron en el ejercicio de los talleres (ver Tabla 2) se destaca la participación de actores ligados a la producción de las alternativas productivas, especialmente representados por asociaciones y cooperativas de productores que realizan su actividad productiva en los municipios del departamento del Huila.

También, en menor medida, pero no menos importante, se contó con la participación de actores representantes de algunas alternativas productivas como la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales (Fenalce) para el caso del arroz y maíz, la Federación Colombiana de Acuicultores (Fedeacua) con las especies piscícolas, la Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofructol) con las alternativas tomate, aguacate y plátano, la Federación Nacional de Cafeteros, la Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao), Asociación Porkcolombia, otras áreas de la Gobernación del Huila, y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

En cuanto a los resultados obtenidos para los formularios de los procesos logísticos de abastecimiento, almacenamiento, y transporte y distribución, se presentan a continuación:

Formulario de abastecimiento

En general, para cada uno de los insumos los actores de las alternativas productivas del departamento del Huila respondieron en mayor proporción que “No se presentan pérdidas durante el abastecimiento” de cada uno de estos, como se observa en la Tabla 3.

TABLA 3. PORCENTAJE DE PÉRDIDAS Y DESPERDICIOS DURANTE EL ABASTECIMIENTO DE INSUMOS

Tipo de insumo	Si	No	No aplica	Promedio porcentaje de pérdida
Material vegetativo o pajillas	42.86%	51.43%	5.71%	11.00%
Abonos y fertilizantes	9.76	82.93%	7.32%	8.00%
Alimento balanceado, forrajes conservados y/o materias primas	0.0%	92.86%	7.14%	0.0%
Insumos para control de enfermedades y plagas	6.52%	86.96%	6.52%	11.67%
Alternativa productiva	43.75%	43.75%	12.50%	6.16%

Fuente: elaboración propia (2023).

Teniendo en cuenta los resultados de la Tabla 3, se observa que los insumos que más proporción de respuesta afirmativa relacionada con la pérdida o desperdicio durante el abastecimiento son el material vegetativo o pajillas, y la adquisición de la alternativa productiva con 42.86 % y 43.75 % respectivamente. Esto se refiere al abastecimiento de semillas para siembra o las pajillas para inseminación artificial, así como, plántulas, o animales en etapa de cría (alevinos y lechones).

Formulario de almacenamiento

El 54.55 % de actores que realizan el proceso de almacenamiento para las alternativas productivas priorizadas en el departamento del Huila contestaron que “Sí se presentan pérdidas y/o deterioro de los productos”. Las pérdidas y/o deterioro están alrededor de un 6.67 % y son causadas en su mayoría por los siguientes factores (Tabla 4):

TABLA 4. CAUSAS DE PÉRDIDAS Y DESPERDICIOS DURANTE EL ABASTECIMIENTO

¿Cuál es la principal causa que genera pérdidas del producto terminado mientras se almacena?	Porcentaje de respuesta (%)
Inadecuados empaques y/o embalaje	32,14 %
Inadecuadas prácticas de apilamiento dentro en almacén	21,43 %
Ausencia de refrigeración y/o ambientes controlados	16,07 %
Prolongados tiempos de almacenamiento o ayuno	16,07 %
Ninguna de las anteriores	14,29 %

Fuente: elaboración propia (2023).

Posteriormente, se indagó a esos mismos actores sobre qué procesos realizan a los alimentos que se pierden o deterioran durante el almacenamiento, a

continuación, se muestra cuáles son los procesos que realizan de mayor a menor proporción (Tabla 5):

TABLA 5. PROCESOS AL PRODUCTO QUE SE PIERDE O DETERIORA DURANTE EL ALMACENAMIENTO

¿Cuál(es) proceso(s) se realiza(n) al producto terminado que se pierde o deteriora durante el almacenamiento?	Porcentaje de respuesta (%)
Compostaje	25,71 %
Alimentación de animales	22,86 %
Reprocesamiento del producto	22,86 %
Ninguno	20,00 %

¿Cuál(es) proceso(s) se realiza(n) al producto terminado que se pierde o deteriora durante el almacenamiento?	Porcentaje de respuesta (%)
Relleno sanitario	2,86 %
Banco de alimentos	2,86 %
Otra (extracción de aceites y harinas de pescado)	2,86 %

Fuente: elaboración propia (2023).

Formulario de transporte y distribución

Durante el transporte y distribución de las alternativas productivas priorizadas en el departamento del

Huila se presentan en promedio un 3.28 % de pérdidas o deterioro de estos productos. Causado por los siguientes factores (Tabla 6):

TABLA 6. CAUSAS DE PERDIDA Y DETERIORO DE PRODUCTOS DURANTE EL TRANSPORTE

¿Cuáles son las causas que generan la pérdida del producto mientras se transporta?	Porcentaje de respuesta (%)
Estado de las vías	29,55 %
Inadecuadas prácticas de apilamiento dentro del vehículo	15,91 %
Inadecuados empaques y/o embalajes	13,64 %
Prolongados tiempos de duración del transporte	11,36 %
Exposición del producto al ambiente	11,36 %
Ausencia de refrigeración	9,09 %
Ninguna	9,09 %

Fuente: elaboración propia (2023).

5. CONCLUSIONES

Este estudio de caso relacionado con las pérdidas y desperdicios en las alternativas productivas priorizadas en el departamento del Huila, a partir del ejercicio de agrologística da un panorama general de las causas que generan el deterioro de los productos agropecuarios en los procesos de abastecimiento, almacenamiento, y transporte y distribución.

En cuanto al abastecimiento de insumos las pérdidas y desperdicios se generan en su mayoría en los insumos para iniciar el ciclo productivo como lo son las semillas, pajillas, plántulas y/o animales en etapa de cría. Lo anterior se relaciona con la calidad de estas semillas, los porcentajes de germinación y sobrevivencia de las mismas.

En cuanto al proceso de almacenamiento de las alternativas productivas priorizadas en el departamento del Huila, las pérdidas y desperdicios se presentan en su mayoría por inadecuados empaques o embalajes en estas infraestructuras, adicionado a las malas prácticas de apilamiento, estas dos causas representan el 53.57 % de los daños ocasionados a los productos agropecuarios.

Cabe destacar que, durante el proceso de almacenamiento, los actores que intervienen para cada una de las alternativas productivas priorizadas en el departamento del Huila intentan mitigar los impactos ambientales de estos residuos mediante prácticas como son el compostaje y la alimentación para animales, así como, el reprocesamiento de producto almacenado para minimizar sus pérdidas.

Por último, en el proceso de transporte y distribución de productos agropecuarios priorizados en el departamento del Huila también se presentan pérdidas en promedio por un 3.28 %. La causa que más deteriora y genera pérdidas de productos está ligada al mal estado de las vías, desde las de tercer, segundo y primer orden, así como, a cierres por afectaciones climáticas y falta de mantenimiento.

REFERENCIAS

- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro*.
- Estrategia, planeación y operación. Pearson Educación. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24567w/Sunil_Chopra.pdf
- CISAN. (2022). *Política para la prevención y la disminución de las pérdidas y los desperdicios de alimentos en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá.
- Congreso de la República. (2 de agosto del 2019). Ley 1990 del 2019. *Por medio de la cual se crea la política para prevenir la pérdida y el desperdicio de alimentos y se dictan otras disposiciones*. Bogotá, Colombia.
- Correa Nuñez, A., & Muñoz González, C. M. (2022). *Metodología de integración de talleres de caracterización de procesos logísticos*. Bogotá: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria –UPRA–.
- CSCMP, C. (2013). *Supply Chain Management Terms and Glossary*. <https://www.cisco-eagle.com/uploads/cscmp/cscmp-glossary.pdf>
- DNP. (2016). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia. Estudio de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas*. https://sinergia.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf
- DNP. (2023). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, "Colombia, potencia mundial de la vida"*. Bogotá.
- FAO. (2018). *Género y pérdida de alimentos en cadenas de valor alimentarias sostenibles – Guía de orientación*. Roma. <https://www.fao.org/documents/card/zh/c/I8620ES>
- FAO. (2011). *Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention*. <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.htm>
- FAO - DANE. (2022). Avances en la medición de los indicadores en Colombia: ODS 2.4.1 y ODS 12.3.1.a. Colombia.
- HLPE. (2014). *Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial*. Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición (HLPE), Roma. <https://www.fao.org/publications/card/en/c/70ca2e3e-4f40-4090-bbe4- dc2247dbb21c/>
- LeMay, S., Helms, M., Kimball, B., & McMahon, D. (2017). Supply chain management: the elusive concept and definition. *The International Journal of Logistics Management*, 28. <https://doi.org/10.1108/IJLM-10-2016-0232>
- Manrique Gómez, A. S., Correa Núñez, A. C., Salcedo Acosta, C., Orozco González, M. M., Peña Marín, Y., . . . Castiblanco Sorian, I. C. (2023). *Agrologística: bases conceptuales, metodologías y aportes*. Bogotá: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria –UPRA–.

Minagricultura. (2020). *Plan de agrologística: marco estratégico y lineamientos*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/S3877-Plan%20Nacional%20de%20Agrologística.pdf>

Presidencia de la República de Colombia. (2011). *Decreto 4145 de 2011. Por el cual se crea la Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios - UPRA y se dictan otras disposiciones*.

Bogotá D.C., Colombia: Presidencia de la República de Colombia. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1542483>

Shukla, M., & Jharkharia, S. (2013). Agri-fresh produce supply chain management: a state of the art literature review. *International Journal of Operations and Production Management*, 33. <https://doi.org/10.1108/01443571311295608>

PERSPECTIVA SISTÉMICA DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS Y PÉRDIDAS DE ALIMENTOS EN COLOMBIA

SYSTEMIC PERSPECTIVE OF WASTE GENERATION AND FOOD LOSSES IN COLOMBIA



¹Danny Ibarra Vega

¹Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia

Recibido: 10/10/2023 Aprobado: 30/11/20

RESUMEN

En este trabajo se presenta un avance en la representación sistémica de la generación de residuos y pérdidas de alimentos en un sistema de producción de alimentos de origen agrícola en el contexto de las cadenas alimentarias de Colombia. Para esto, se identificaron las fases del sistema de producción, y posterior a ello, se identificaron unas causas asociadas a la pérdida de alimentos. Una vez comprendido el sistema de manera lineal, se logró interconectar todo el sistema desde la perspectiva sistémica, usando un diagrama causal con estructuras de realimentación. Esto permitió evidenciar que se debe abordar el problema con herramientas que permitan estudiar sistemas complejos, pues el sistema de producción de alimentos tiene, realimentaciones, interconexiones y demoras que separadas entre sí no es posible evidenciar. Este es un primer avance en aras de comprender las cadenas productivas alimentarias de una manera sistémica y compleja, con el fin de poder mitigar la generación de residuos y pérdidas de alimentos en Colombia

Palabras clave: residuos de alimentos, pensamiento sistémico, diagrama causal, cadena productiva.

ABSTRACT

This work presents an advance in the systemic representation of the generation of waste and food losses in a food production system of agricultural origin in the context of Colombian food chains. For this, the phases of the production system were identified, and after that, some causes associated with food loss were identified. Once the system was understood in a linear manner, it was possible to interconnect the entire system from the systemic perspective, using a causal diagram with feedback structures. This made it evident that the problem must be addressed with tools that allow studying complex systems, since the food production system has feedbacks, interconnections and delays that cannot be demonstrated separately from each other. This is a first advance in order to understand food production chains in a systemic and complex way, in order to mitigate the generation of waste and food losses in Colombia

Key words: Food waste, systemic thinking, causal diagram, production chain.

Citación: Ibarra Vega , D. . (2023). Perspectiva sistémica de la generación de residuos y pérdidas de alimentos en Colombia. *Publicaciones E Investigación*, 17(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.7446>

¹ ingbiodanny@gmail.com – <https://orcid.org/0000-0002-3339-6430>

<https://doi.org/10.22490/25394088.7446>

1. INTRODUCCIÓN

La pérdida de alimentos –PDA– es un problema global que está relacionado con las tres esferas de la sostenibilidad tradicional, es decir, en la sociedad, la economía y el medio ambiente. En Colombia, se estima que se desperdicia el 30 % de los alimentos producidos, lo que equivale a cerca de 10 millones de toneladas al año. En el presente artículo se pretende abordar el tema desde una perspectiva sistémica del desperdicio de alimentos en Colombia. Para ello, se analizarán las causas y consecuencias del desperdicio, así como las posibles soluciones para reducirlo, esto teniendo en cuenta una herramienta gráfica que se denomina diagramas causales. En Colombia, la participación de las pérdidas de alimentos (PDA), se da así: el 40,5 % en la fase del cultivo, el 15,6 % en los hogares, el 19,8 % en almacenamiento, el 3,5 % en procesos industriales y el 20,3 % en la distribución. Es decir, en Colombia se pierden 9.76 millones de toneladas de alimentos al año, de esa cantidad, 6.22 millones de toneladas son pérdidas y 3.54 millones de toneladas son desperdicios (Gamboa, 2023). A nivel internacional, la preocupación por las PDA ha sido abordada por las Naciones Unidas (ONU) mediante la aprobación de un Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) específico, el ODS 12.3 espera que el peso alimentario global per cápita a nivel minorista y de consumo se reduzca a la mitad para 2030 y apunta a reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas poscosecha (ONU, 2015).

La reducción de las PDA también podría verse como una medida destacada para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero como parte del ODS 13, que aborda la lucha contra el cambio climático y sus impactos. Se estima que las PDA crean aproximadamente 3.300 millones de toneladas de CO₂ al año (FAO, 2013). Además, las grandes cantidades de fertilizantes y los recursos limitados (por ejemplo, agua, suelo, mano de obra) empleados en la producción de alimentos pueden contribuir al cambio climático (Bravi *et al.*, 2020). Sin embargo, para alcanzar estos objetivos, es esencial que se conozcan las causas subyacentes de la PDA. Las PDA pueden ocurrir en

todas las etapas de la cadena de producción agroalimentaria, desde la producción hasta la distribución, y durante el consumo doméstico (Parfitt *et al.*, 2010). Es importante reafirmar las diferencias entre pérdida de alimentos (FL) y FW. La FL se concentra en las primeras etapas de las cadenas agroalimentarias (producción, transporte y almacenamiento, procesamiento industrial). Las principales razones por las que se producen pérdidas suelen estar relacionadas con daños a los cultivos debido a fenómenos meteorológicos y plagas. El uso de técnicas mecánicas deficientes para la cosecha, el almacenamiento o el transporte, semillas de baja calidad y una mala planificación de la cosecha que genera excedentes también pueden generar pérdidas importantes de alimentos (Parfitt *et al.*, 2010; Deliberador, 2019; González-Santana *et al.*, 2020). Los DA, por otro lado, ocurren en las etapas finales de las cadenas agroalimentarias (distribución/comercio minorista/consumo) (González-Santana *et al.*, 2020). En ambos casos, es necesario entender que las PDA incluyen únicamente alimentos e ingredientes que están destinados al consumo humano y, por tanto, no incluyen la alimentación animal.

2. EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

El sistema de producción de alimentos es una red compleja de actores, actividades y resultados que involucra la producción, procesamiento, distribución, consumo y eliminación de alimentos. También incluye los factores ambientales, sociales, económicos y políticos que influyen y son influenciados por el sistema alimentario. Un enfoque de pensamiento sistémico del sistema alimentario reconoce que no se trata de un proceso lineal o estático, sino dinámico y adaptativo, en el que pueden producirse bucles de retroalimentación, retrasos, compensaciones y consecuencias no deseadas. Por ejemplo, aumentar la producción de alimentos puede no necesariamente reducir el hambre, si existen problemas de acceso, asequibilidad, calidad o preferencia de los alimentos. De manera similar, reducir el

desperdicio de alimentos puede no mejorar automáticamente la sostenibilidad ambiental si no se abordan los factores subyacentes del desperdicio.

En la siguiente figura, se muestra un proceso sistemático de perspectiva lineal de producción de alimentos, como se presenta en el contexto colombiano.

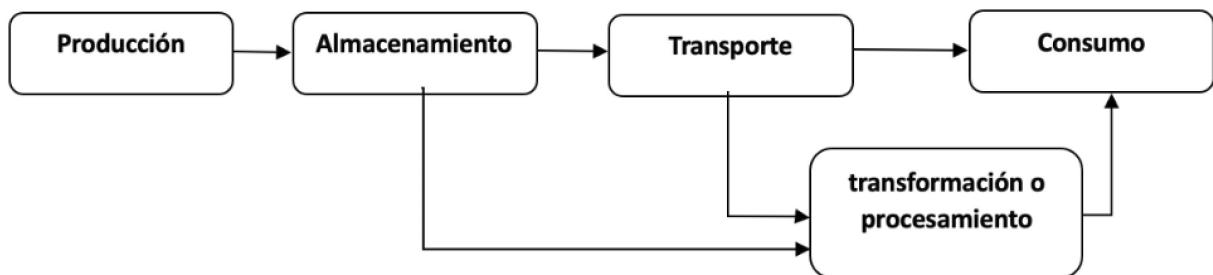


Figura 1. Síntesis del sistema de producción de alimentos.

Fuente: el autor.

3. ¿QUÉ ES LA PÉRDIDA Y EL DESPERDICIO DE ALIMENTOS?

La pérdida y el desperdicio de alimentos se definen como la reducción de la cantidad o la calidad de los alimentos en la cadena de suministro alimentario. La pérdida se refiere a la disminución en la masa de alimentos consumibles durante las etapas de producción, postcosecha y procesamiento. Mientras que el desperdicio hace referencia al descarte de alimentos consumibles, durante su venta y consumo.

Ahora bien, las causas de la pérdida y el desperdicio de alimentos son diversas y pueden variar según la etapa de la cadena de suministro en la que se produzca.

En la producción: las causas incluyen plagas, enfermedades, condiciones climáticas adversas, prácticas agrícolas ineficientes y falta de infraestructura adecuada. En el almacenamiento o en la postcosecha: las causas incluyen daños físicos, deterioro, mal manejo y almacenamiento inadecuado. En el procesamiento: las causas incluyen defectos de calidad,

exceso de producción y falta de coordinación entre los proveedores. En el transporte o distribución: las causas incluyen daños físicos, deterioro, mal manejo y falta de almacenamiento adecuado. En el consumo: las causas incluyen compras excesivas, sobreproducción, preferencias alimentarias y falta de educación sobre el desperdicio de alimentos.

A continuación, se presentan algunas de esas causas sintetizadas en un diagrama causal, propio del pensamiento sistemático. Este permite ver las interconexiones existentes en cada una de las fases del sistema de producción de alimentos y los posibles riesgos de generación de pérdidas y residuos de alimentos, en rojo se pueden ver las tres grandes pérdidas de alimentos, en cultivos, en postcosecha y en consumo. Las líneas punteadas son relaciones causales negativas, es decir, que disminuyen la magnitud o de la variable a la que llegan. Las líneas azules son relaciones causales positivas, es decir, aumentan la magnitud de la variable a la que llegan, todo esto teniendo en cuenta el contexto que una variable afecta a la siguiente, ya sea aumentando o disminuyendo su magnitud o unidad de medida.

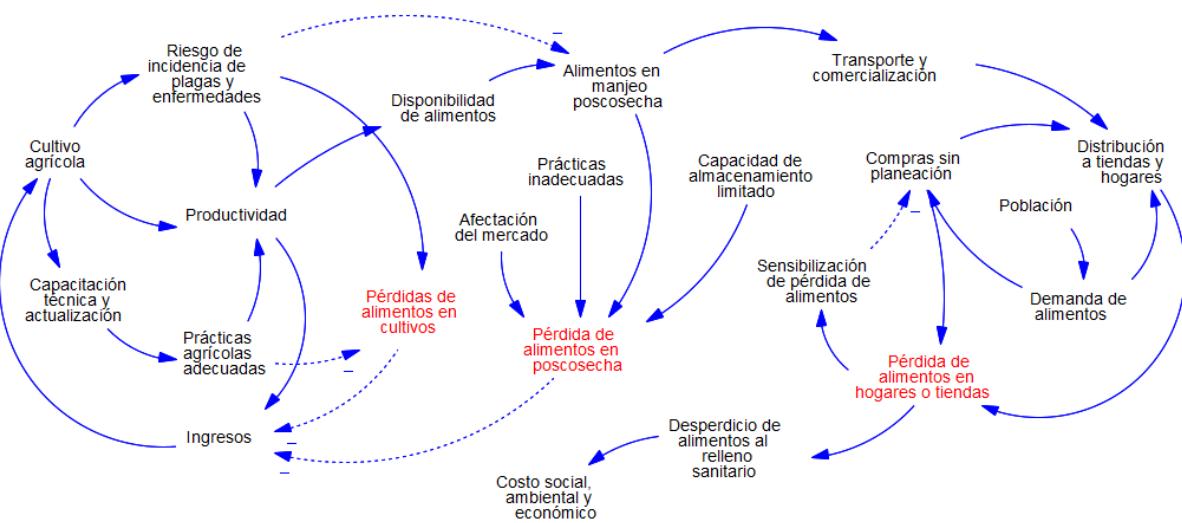


Figura 2. Perspectiva sistémica de la generación de residuos y pérdida de alimentos.

Fuente: el autor.

4. CONCLUSIONES

Para abordar eficazmente el problema del desperdicio de alimentos, es clave entender tanto las causas raíz como los puntos de influencia que contribuyen a este problema. Las causas raíz son los factores que crean un ambiente propicio para el desperdicio de alimentos, como las actitudes de los consumidores, las normas culturales, los incentivos del mercado, las políticas deficientes o las restricciones de infraestructura. Por otro lado, los puntos de influencia son áreas dentro del sistema donde un cambio pequeño puede tener un efecto significativo en el comportamiento del sistema, como la educación del consumidor, el etiquetado de alimentos, los mecanismos de precios, la regulación o la innovación, la estabilidad del mercado, inversión en optimización de cadenas.

Un enfoque basado en el pensamiento sistémico puede ser útil para identificar estas causas raíz y puntos de influencia al analizar la estructura, comportamiento y metas del sistema. Esto implica hacer preguntas más detalladas en cada uno de los contextos regionales como: ¿Quiénes son los actores y partes interesadas en el sistema alimentario? ¿Cuáles son sus roles, responsabilidades y motivaciones? ¿Cómo interactúan e influyen mutuamente? ¿Cuáles son los ciclos de retroalimentación y retrasos que afectan el rendimiento del sistema?

¿Cuáles son las consecuencias no deseadas y los efectos secundarios de las acciones y políticas actuales?

REFERENCIAS

- Bravi, L., Francioni, B., Murmura, F., & Savelli, E. (2020). Factors affecting household food waste among young consumers and actions to prevent it. A comparison among UK, Spain and Italy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104586.

Deliberador, L. R. (2019). Food waste in restaurants: An analysis at a university institution (Tesis doctoral). Universidade Federal de São Carlos.

Food & Agriculture Organization of the UN-FAO (2013). Food Wastage Footprint (Project). Food wastage footprint: impacts on natural resources: summary report.

Gamboa, E. (2023). *Pérdida y desperdicios de alimentos en Colombia. Conferencia Salud y Aprendizaje*. Universidad Industrial de Santander. <https://uis.edu.co/en-colombia-9-76-millones-de-toneladas-de-alimentos-se-desperdician-cada-ano/>

Morata, M. P., González-Santana, R., Blesa, J., Frigola, A. & Esteve, M. J. (2020). A study of the habits and food waste production of young university students. *Nutrición Hospitalaria*, 37(2), 349-358.

Organización de las Naciones Unidas-ONU (2015). *Transformando nuestro mundo. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.

Parfitt, J., Barthel, M. & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 1554, 3065-3081.

TOMA DE DECISIONES EN CADENAS DE SUMINISTRO GLOBALES RESILIENTES: UNA APROXIMACIÓN TEÓRICA

DECISION MAKING IN RESILIENT GLOBAL SUPPLY CHAINS: A THEORETICAL APPROACH



¹Gabriel Ernesto Barragán Moreno, ²Linda Bibiana Rocha Medina

¹SENA, Colombia

²Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

Recibido: 10/10/2023 Aprobado: 30/11/2023

RESUMEN

La férrea competencia de cadenas de suministro globales en mercados internacionales exige la rápida respuesta por parte del decisor que permita la reanudación de las operaciones interrumpidas ante la presencia de eventos disruptivos. El propósito del presente artículo es establecer el origen de las decisiones que caracterizan las cadenas de suministro resilientes, junto con las herramientas planteadas mediante esfuerzos académicos e investigativos, que permitan apoyar la toma de dichas decisiones. Se realizó una revisión de artículos científicos publicados en los últimos 12 años, de los cuales se analizaron 67 textos relacionados con resiliencia y gestión del riesgo en la cadena de suministro global. El resultado de este análisis permitió identificar: i) el restringido avance académico en el desarrollo de herramientas que respaldan la toma de decisiones postdisrupción, ii) desarrollos para el soporte en la toma de decisiones estructuradas y no estructuradas, iii) iniciativas de aplicación de sistemas inteligentes con el fin de apoyar decisiones en la cadena de suministro resiliente, y iv) aplicación de algoritmos de alta eficiencia desarrollados para solucionar modelos que permiten la toma de decisiones estructuradas. Los resultados del trabajo resultan de gran valor para la comunidad académica y científica que sugieran desarrollos en el área y cuya preocupación sea el aseguramiento de la operación normal de las cadenas de suministro globales.

Palabras clave: cadenas de suministro resilientes, toma de decisiones, modelo Cynefin, disrupción, riesgo.

ABSTRACT

The strong competition of global supply chains in international markets requires a quick response from the decision maker that allows the resumption of interrupted operations in the presence of disruptive events. The purpose of this paper is to establish the origin of the decisions that characterize the resilient supply chains together with the tools proposed through academic and investigative efforts that allow supporting decision-making. The authors carried out a review of scientific articles published in the last 12 years, of which 67 texts related to resilience and risk management

Citación: Barragán Moreno, G. E., & Rocha Medina, L. B. (2023). Toma de decisiones en cadenas de suministro globales resilientes: Una aproximación teórica. Publicaciones E Investigación, 17(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.7564>

¹ gabrielbam0@misena.edu.co – <https://orcid.org/0000-0003-2542-3862>

² linda.rocha@unad.edu.co – <https://orcid.org/0000-0003-3687-8926>

<https://doi.org/10.22490/25394088.7564>

in the global supply chain were analyzed. The result of this analysis allowed to identify: i) the limited academic progress in the development of tools that support post-disruption decision-making, ii) developments to support structured and unstructured decision-making, iii) implementation initiatives intelligent systems to support decisions in the resilient supply chain, and iv) application of highly efficient algorithms developed to solve models that allow structured decision making. The results of this work are of great value to the academic and scientific community that suggests developments in the area and its concerns is the assurance of the normal operation of the global supply chains.

Key words: Resilient supply chains, decision making, Cynefin Model, disruption, risk.



1. INTRODUCCIÓN

La turbulencia del entorno y la rapidez de reacción de las empresas que ello implica sugieren la configuración y operación de cadenas de suministro resilientes definidas como aquellas “capaces de planificar y diseñar de forma proactiva la red de suministro para anticipar eventos disruptivos y responder de manera adaptativa a condiciones adversas mientras se mantiene el control de la estructura y su función buscando un estado mejor después de la disrupción que le permita obtener una ventaja competitiva” (Ponis & Koronis, 2012).

Las múltiples variables que se interrelacionan en el entorno comercial actual hacen ininteligible en muchas ocasiones los problemas que afronta la cadena de suministro global, y, por lo tanto, el modelo tradicional de toma de decisiones fundamentado en el liderazgo y cuyo alcance se limita al plano estratégico y operacional resulta ineficaz. El modelo Cynefin por su parte surge como un modelo para la toma de decisiones que se fundamenta en la complejidad del entorno y cuyo aporte inicial consiste en clasificar los tipos de decisiones en estructuradas y no estructuradas, siendo las segundas propias de contextos complejos y caóticos (Snowden & Boone, 2007) característicos de situaciones provocadas por eventos disruptivos.

A pesar de existir diversos enfoques para el análisis de decisiones en cadenas de suministro resilientes, el eje de análisis empleado en el presente trabajo estará en función del momento en el cual se causan las decisiones, es decir, previo a la disrupción (predisrupción) y posterior a la disrupción (postdisrupción),

donde las primeras consideran todas las acciones de planeación de la cadena de suministro, y, las segundas, tienen como propósito la estabilización del sistema y la recuperación de su normal operación en corto tiempo (Pournader, Rotaru, Kach, & Razavi Hajiagha, 2016).

El resto del documento se estructura como sigue. La sección 2 presenta la teoría de la decisión en la gestión de las organizaciones, la sección 3 expone la metodología, la sección 4 presenta los resultados y discusión, finalmente las conclusiones se presentan en la sección 5.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de estudio obedece a una investigación exploratoria con base en fuentes secundarias de información. Se desarrolla una revisión sistemática de la literatura cuya delimitación temporal destaca los artículos existentes entre 2008 a 2020 relacionada con la gestión del riesgo, cadenas de suministro globales resilientes y toma de decisiones. La selección de artículos de interés resultó de la consulta de bases de datos bibliográficas como Emerald, Science-Direct y ProQuest. Otras publicaciones como libros, capítulos de libros, monografías y trabajos de conferencias o trabajos no publicados son excluidas del análisis. Se emplearon los siguientes algoritmos de búsqueda:

- (Disruptive Decision-Making in Resilient Global Supply Chains) AND LIMIT-TO (topics, “supply chain, supply, system, industrial,

Enterprise, business model, disruption, network, production”)

- (Decision-Making Models in Resilient Supply Chains) AND LIMIT-TO (topics, “supply chain, system, supply, network, product, process, organization, model, design, production”).

La definición de criterios de selección de artículos de interés en el desarrollo y construcción del estado del arte está relacionada con la naturaleza de las decisiones características de las cadenas de suministro global resilientes y tiene como propósito dar respuesta a las preguntas:

- ¿Qué tipo de decisiones definen a una cadena de suministro global resiliente?
- ¿Qué caracteriza las técnicas de apoyo al decisor identificadas en cadenas de suministro global resilientes?
- ¿Cuál ha sido el tratamiento académico y científico que se le ha dado a las mismas?

El proceso de búsqueda arrojó un total de 2.115 artículos, de los cuales se seleccionaron 290 y se analizaron 67 considerados como los más relevantes para el objeto de este estudio. Por otro lado, el proceso de sistematización consistió en la agrupación de artículos que presentan categorizaciones de riesgos que afectan las cadenas de suministro globales. Se identificaron aquellos trabajos que aportan desarrollos académicos orientados al apoyo a decisiones y con este resultado, se realizó una clasificación de modelos de acuerdo con el tipo de decisiones estructuradas y no estructuradas junto con los métodos y técnicas de solución empleados.

3. DESARROLLO

Los riesgos asociados a la cadena de suministro son objeto de análisis para los decisores en la última década, algunas categorizaciones sugieren considerar riesgos de flujo ascendente, riesgos organizativos, riesgos de flujo descendente, riesgos de red y riesgos externos (Pournader, Rotaru, Kach, & Razavi

Hajiagha, 2016), en otros casos se consideran el riesgo natural, riesgo en proveedores, riesgo político, riesgo en transportes y cambio en patrones de demanda (Kumar, Himes, & Collin, 2014), dando cuenta de la tendencia al análisis integral de los riesgos en cadenas de suministro global.

La caracterización y gestión de los riesgos son fundamentales cuando de la estructuración y gestión de cadenas de suministros resilientes se trata, por lo cual es necesario hacer las siguientes salvedades a fin de comprender la relación existente entre la gestión del riesgo y las decisiones en cadenas de suministro resilientes, i) los ejemplos mencionados en el párrafo anterior son trabajos representativos y genéricos que carecen de exactitud cuando se precisa una cadena de suministro específica, de manera por ejemplo, que en una cadena de suministro del sector alimenticio es posible encontrar riesgos asociados a incidentes con la seguridad del alimento (Manning & Mei Soon, 2016), y ii) se encuentran trabajos orientados a la gestión de riesgos en instalaciones de tipo logístico con diferentes propósitos como el tratamiento de amenazas antagónicas en transporte (Zhang, Dadkhah, & Ekwall, 2011) e interrupciones portuarias (Kurapati, Lukosch, Verbraeck, & Brazier, 2015).

Dentro del análisis de la literatura se identificó que las decisiones asociadas a los riesgos descritos anteriormente son abordadas por el decisor de manera estructurada y no estructurada, en tres momentos distintos:

- i. Decisiones predisruptivas: consideran decisiones asociadas al proceso de diseño y planificación de la SCR (Supply Chain Resilient) e incluyen medición y mitigación de riesgo y vulnerabilidad.
- ii. Decisiones episódicas: son aquellas que se toman durante la ocurrencia de la disruptión con frecuencia tratadas a través de planes de continuidad.
- iii. Decisiones postdisruptivas: están orientadas a la medición de resiliencia e incluyen diseño de estrategias de restauración eficiente, evaluación de vulnerabilidad y recuperabilidad e incluso reconfiguración del sistema.

4. DISCUSIÓN

El riesgo e incertidumbre (condiciones políticas cambiantes, pandemias o emergencias sanitarias globales, eventos de mercado, eventos culturales, eventos climáticos, etc.), caracteriza las decisiones en cadenas de suministro globales y es, precisamente, esta condición la que permite su categorización en el dominio complejo del contexto Cynefin. La toma de decisiones bajo estas circunstancias ha sido objeto a través del tiempo de desarrollos importantes que facilitan la selección de opciones y surgen en condiciones donde los valores y los objetivos de la organización constituyen el juicio predominante para la decisión no estructurada, de esta manera el decisor ante decisiones de esta naturaleza recurre inmediatamente al marco estratégico de la organización (misión, visión, objetivos, etc.), la disposición de recursos para desarrollar las operaciones y la definición de mecanismos que permitan la integración entre las organizaciones de la cadena de suministro, como responsabilidades iniciales del gobierno del sistema.

Las decisiones de tipo estructurado surgen en los contextos simples y complicados del enfoque Cynefin y dada la facilidad de lograr establecer relación entre las variables del problema, usualmente son programables. De acuerdo con la revisión bibliográfica se consideran tres tipos de decisiones a saber:

Decisiones de diseño y planeación de redes: corresponden a diseño de redes de suministro resilientes, modelos de restauración de SC y planeación con el fin de mitigar los riesgos bajo incertidumbre.

Decisiones de medición y mitigación de riesgo y vulnerabilidad y medición de resiliencia: estas decisiones incluyen modelos pre y post disruptivos, los primeros miden riesgo y vulnerabilidad con base en probabilidades de ocurrencia de eventos que pueden provocar una interrupción, y los segundos miden la resiliencia de la SC luego de la ocurrencia del evento.

Decisiones de procesos logísticos dentro de la SC: son modelos que responden a interrupciones dentro de un proceso logístico específico como transporte, compras y abastecimiento, inventarios, entre otros.

5. CONCLUSIONES

El resultado del trabajo logra la identificación de tres tipos de decisiones comunes entre estructuradas y no estructuradas: diseño y planeación de redes, medición y mitigación de riesgo y decisiones orientadas a la optimización de procesos logísticos dentro de la SCR. Sin embargo, las decisiones a lo largo de la SCR son abordadas por el decisor en tres momentos distintos durante su gestión: i) decisiones predisruptivas, que consideran el proceso de planificación, son de carácter proactivo que sugieren la preparación del sistema y están orientadas a la selección de proveedores, diseño de sistemas de transporte resilientes e inventarios; ii) decisiones dentro del proceso disruptivo asociadas con diseño de modelos de inventarios y de transporte que apoyan la toma de decisiones mientras ocurre la disruptión orientadas a fallas de suministro junto con el redireccionamiento y expansión del transporte; y iii) decisiones postdisruptivas dirigidas a la medición de resiliencia y reconfiguración del sistema, siendo escasos los trabajos que proponen modelos para apoyar este tipo de decisiones.

El modelamiento matemático identificado dentro del proceso de revisión, surge para apoyar la toma de decisiones a lo largo de la cadena de suministro en condiciones de vulnerabilidad, sin embargo, se evidenció una tendencia o interés de trasladar muchas de las decisiones del contexto complejo al contexto complicado, es decir, se trata de modelar consideraciones subjetivas del decisor en procesos de selección de opciones, lo cual evidencia el uso de herramientas de sistemas inteligentes (conjuntos difusos, redes neuronales, etc.). Los últimos trabajos de tipo cuantitativo emplean metaheurísticas para la solución de modelos, lo cual da cuenta de la complejidad de los modelos y su dificultad de lograr un modelo óptimo a través de métodos exactos.

El desarrollo de herramientas para el apoyo a la toma de decisiones en cadenas de suministro resilientes se ha orientado en la mayoría de los trabajos hacia el diseño, planificación y gestión de la red atendiendo el principio de proactividad. Por lo tanto, las decisiones

que surgen en condiciones de caos y específicamente luego de la disrupción son poco tratadas y resultan de gran importancia pues estas caracterizan al sistema resiliente, cuyas decisiones dinámicas y reactivas explotan la flexibilidad del sistema permitiendo su eficiente y eficaz reconfiguración.

Finalmente, es importante resaltar la relación que debe existir entre las decisiones pre y postdisruptivas, debido a que esto permite minimizar el tiempo de reconfiguración de la red. En este sentido, se sugiere como trabajo futuro el diseño de modelos que relacionen el tipo de riesgo y la capacidad resiliente (robustez, visibilidad, velocidad, etc.) a fortalecer que permitan la oportuna reconfiguración de la red. La calidad de las soluciones también debe ser objeto de trabajos futuros, así como la eficiencia de los métodos de solución que en la actualidad se emplean, de manera que resulta pertinente probar la eficiencia de algunas metaheurísticas que no se han probado aún como GRASP, incluso puede tratarse la solución de problemas a través de híperheurísticas buscando mayor eficiencia y calidad.

REFERENCIAS

- Aqlan, F., & Lam, S. S. (2016). Supply chain optimization under risk and uncertainty: A case study for high-end server manufacturing. *Computers & Industrial Engineering*, 93, 78-87.
- Azura Darom, N., Hishamuddin, H., Ramli, R., & Mat Nopiah, Z. (2018). An inventory model of supply chain disruption recovery with safety stock and carbon emission consideration. *Journal of Cleaner Production*, 197(Part 1), 1011-1021.
- Barker, K., Ramirez-Marquez, J. E., & Rocco, C. M. (2013). Resilience-based network component importance measures. *Reliability Engineering and System Safety*, 117, 89-97.
- Beheshtian, A., Donaghy, K. P., Geddes, R. R., & Gao, H. O. (2018). Climate-adaptive planning for the long-term resilience of transportation energy infrastructure. *Transportation Research Part E*, 113, 99-122.
- Behzadi, G., O'Sullivan, M. J., & Olsen, T. L. (2020). On Metrics for Supply Chain Resilience. *European Journal of Operational Research*, 287(1), 145-158.
- Berle, Ø., Norstad, I., & Asbjørnslett, B. (2013). Optimization, risk assessment and resilience in LNG transportation systems. *Supply Chain Management*, 18(3), 253-264.
- Breuer, C., Siestrup, G., Dietrich Haasis, H., & Wildebrand, H. (2013). Collaborative risk management in sensitive logistics nodes. *Team Performance Management*, 19(7/8), 331-351.
- Bueno-Solano, A., & Cedillo-Campos, M. G. (2014). Dynamic impact on global supply chains performance of disruptions propagation produced by terrorist acts. *Transportation Research Part E*, 61, 1-12.
- Burns, J. D., & Butt, S. E. (2015). Disrupted Supply Networks: Modeling Capacity Acquisition Decisions for Recovery. *Proceedings of the 2015 Industrial and Systems Engineering Research Conference*, 2791-2798.
- Cagnin, F., de Oliveira, M., Tadeu Simon, A., Helleno, A., & Vendramini, M. (2016). Proposal of a method for selecting suppliers considering risk management an application at the automotive industry. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 33(4), 488-498.
- Cedillo-Campos, M., Pérez-Salas, G., Bueno-Solano, A., González-Ramírez, R., & Jimenez-Sánchez, E. (2014). Supply Chain Disruptions Propagation Caused by Criminal Acts. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(4), 684-694.
- Chang, W., Ellinger, A., & Blackhurst, J. (2015). A contextual approach to supply chain risk mitigation. *The International Journal of Logistics Management*, 26(3), 642-656.
- Chowdhury, M. M., & Quaddus, M. A. (2015). A multiple objective optimization based QFD approach for efficient resilient strategies to mitigate supply chain vulnerabilities: The case of garment industry of Bangladesh. *Omega*, 57, 5-21.
- Das, K. (2018). Integrating resilience in a supply chain planning model. *The International Journal of Quality & Reliability Management*, 35(3), 570-595.
- Edgeman, R., & Wu, Z. (2016). Supply chain criticality in sustainable and resilient enterprises. *Journal of Modelling in Management*, 11(4), 869-888.
- Elluru, S., Gupta, H., Kaur, H., & Singh, S. P. (2019). Proactive and reactive models for disaster resilient supply chain. *Annals of Operations Research*, 283(1-2), 199-224.
- Fahimnia, B., & Jabbarzadeh, A. (2016). Marrying supply chain sustainability and resilience: A match made in heaven. *Transportation Research Part E*, 91, 306-324.
- Fotuhi, F. & Huynh, N. (2017). Reliable Intermodal Freight Network Expansion with Demand Uncertainties and Network Disruptions. *Networks and Spatial Economics*, 17, 405-433.
- Gan, J., Zhong, S., Liu, S., & Yang, D. (2019). Resilient supplier selection based on fuzzy BWM and GMo-RTOPSIS under supply chain environment. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2019, 2456260.
- Ghavamifar, A., Makui, A., & Taleizadeh, A. A. (2018). Designing a resilient competitive supply chain network under disruption risks: A real-world application. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 115, 87-109.

- Gong, J., & You, F. (2017). Resilient design and operations of process systems: Nonlinear adaptive robust optimization model and algorithm for resilience analysis and enhancement. *Computers and Chemical Engineering*, 116, 231-252.
- Gong, J., Mitchell, J. E., Krishnamurthy, A., & Wallace, W. A. (2014). An interdependent layered network model for a resilient supply chain. *Omega*, 46, 104-116.
- Guerrero, H., Murray, D. & Flood, R. (2007). A model for supply chain and vessel traffic restoration in the event of a catastrophic port closure. *Journal of Transportation Security*, 1, 71-80.
- Hasan, d. M., Jiang, D., Sharif Ullah, A., & Noor-E-Alam, M. (2020). Resilient supplier selection in logistics 4.0 with heterogeneous information. *Expert Systems with Applications*, 139, 112-799.
- Hasani, A., & Khosrojerdi, A. (2016). Robust global supply chain network design under disruption and uncertainty considering resilience strategies: A parallel memetic algorithm for a real-life case study. *Transportation Research Part E*, 87, 20-52.
- Hosseini, S., Morshedlou, N., Ivanov, D., Sarder, M., Barker, K., & Al Khaled, A. (2019). Resilient supplier selection and optimal order allocation under disruption risks. *International Journal of Production Economics*, 213, 124-137.
- Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., & Sabouhi, F. (2018). Resilient and sustainable supply chain design: Sustainability analysis under disruption risks. *International Journal of Production Research*, 56(17), 5945-5968.
- Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., Sheu, J.-B., & Moghadam, H. S. (2016). Designing a supply chain resilient to major disruptions and supply/demand interruptions. *Transportation Research Part B*, 94, 121-149.
- Jabbarzadeh, A., Haughton, M., & Khosrojerdi, A. (2018). Closed-loop Supply Chain Network Design under Disruption Risks: A Robust Approach with Real World Application. *Computers & Industrial Engineering*, 116, 178-191.
- Jamali, G., Karimi Asl, E., Hashemkhani, S., & Saparauskas, J. (2017). Analysing LARG supply chain management competitive strategies in iranian cement industries. *Ekonomika a Management*, 20(3), 70-83.
- Joshi, P. S. (2017). Simulation of a disruption in a multi-vendor supply chain. *Proceedings of the 2017 Industrial and Systems Engineering Conference*, 1345-1350.
- Kamalahmadi, M., & Parast, M. M. (2017). An assessment of supply chain disruption mitigation strategies. *International Journal of Production Economics*, 184, 210-230.
- Kaur, H., Singh, S. P., Garza-Reyes, J. A., & Mishra, N. (2020). Sustainable stochastic production and procurement problem for resilient supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105-560.
- Kumar Sahu, A., Datta, S., & Mahapatra, S. (2016). Evaluation and selection of resilient suppliers in fuzzy environment: Exploration of fuzzy-VIKOR. *Benchmarking: An International Journal*, 23(3), 651-673.
- Kumar, S., Himes, K., & Collin, P. K. (2014). Risk assessment and operational approaches to managing risk in global supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 25(6), 873-890.
- Kurapati, S., Lukosch, H., Verbraeck, A., & Brazier, F. (2015). Improving resilience in intermodal transport operations in seaports: a gaming approach. *EURO Journal on Decision Processes*, 3(3-4), 375-396.
- Lee Lam, J., & Bai, X. (2016). A quality function deployment approach to improve maritime supply chain resilience. *Transportation Research*, 92, 16-27.
- Lee Lam, J., & Dai, J. (2015). Developing supply chain security design of logistics service providers: An analytical network process-quality function deployment approach. *International Journal of Physical Distribution & Logistics*, 45(7), 674-690.
- Lee, E., & Farahmand, K. (2013). Simulation of Port Disruption and Transportation Resources for U.S. Containerized Imports. *Management Review: An International Journal*, 8(1), 4-37.
- Lee, S.-h. (2017). A fuzzy multi-objective programming approach for determination of resilient supply portfolio under supply failure risks. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 23, 211-220.
- Loh, H. S., & Thai, V. (2015). Management of disruptions by seaports: preliminary findings. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 27(1), 146-162.
- Manning, L., & Mei Soon, J. (2016). Building strategic resilience in the food supply chain. *British Food Journal*, 118(6), 1477-1493.
- Margolis, J. T., Sullivan, K. M., Mason, S. J., & Magagnotti, M. (2018). A multi-objective optimization model for designing resilient supply chain networks. *International Journal of Production Economics*, 204, 174-185.
- Mensah, P., Merkuryev, Y., & Longo, F. (2015). Using ICT in Developing a Resilient Supply Chain Strategy. *Procedia Computer Science*, 43, 101 – 108.
- Mensah, P., Merkuryev, Y., & Manak, S. (2015). Developing a Resilient Supply Chain Strategy by Exploiting ICT. *Procedia Computer Science* 77, 65 – 71.
- Mohammed, A., Harris, I., Soroka, A., & Nujoom, R. (2019). A hybrid MCDM-fuzzy multi-objective programming approach for a G-resilient supply chain network design. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 297-312.
- Mota, B., Gomes, M. I., Carvalho, A., & Barbosa-Povoa, A. P. (2018). Sustainable supply chains: An integrated modeling approach under uncertainty. *Omega*, 77, 32-57.
- Nooraei, S. V., & Parast, M. M. (2016). Mitigating supply chain disruptions through the assessment of trade-offs among risks, costs and investments in capabilities. *International Journal Production Economics*, 171, 8-21.
- Pariazar, M., & Sir, M. Y. (2018). A multi-objective approach for supply chain design considering disruptions impacting supply availability and quality. *Computers & Industrial Engineering*, 121, 113-130.

- Pavlov, A., Ivanov, D., Pavlov, D., & Slinko, A. (2019). Optimization of network redundancy and contingency planning in sustainable and resilient supply chain resource management under conditions of structural dynamics. *Annals of Operations Research*, 2019, 1-30.
- Piewthongngam, K., Vijnopparat, P., Pathumnakul, S., Chumpatong, S., & Duangjinda, M. (2014). System dynamics modelling of an integrated pig production supply chain. *Biosystems Engineering*, 127, 24-40.
- Ponis, S., & Koronis, E. (2012). Supply chain resilience: definition of concept and its formative elements. *Journal of Applied Business Research*, 28(5), 921-937.
- Pournader, M., Rotaru, K., Kach, A. P., & Razavi Hajiagha, S. H. (2016). An analytical model for system-wide and tier-specific assessment of resilience to supply chain risks. *Supply Chain Management*, 21(5), 589-609.
- Prakash, S., Soni, G., & Singh Rath, A. P. (2015). A grey based approach for assessment of risk associated with facility location in global supply chain. *Grey Systems: Theory and Application*, 5(3), 419-436.
- Sawik, T. (2018). Disruption Mitigation and Recovery in Supply Chains using Portfolio Approach. *Omega*, 84, 1-44.
- Scholten, K., Sharkey Scott, P., & Fynes, B. (2014). Mitigation processes - antecedents for building supply chain resilience. *Supply Chain Management*, 19(2), 211-228.
- Sheffi, Y. (2015). Preparing for Disruptions Through Early Detection. *MIT Sloan Management Review*, 31-42. <https://sloanreview.mit.edu/article/preparing-for-disruptions-through-early-detection/>
- Skeete, A., Drzymalski, D. J., & Keyser, D. T. (2017). Modelling Cascading Failure in Assembly Supply Chain Networks. *Proceedings of the 2017 Industrial and Systems Engineering Conference*, 1424-1429.
- Snowden, D. J., & Boone, M. E. (2007). A Leader's Framework for Decision Making. *Harvard Business Review*, 1-8. <https://hbr.org/2007/11/a-leaders-framework-for-decision-making>
- Soni, G., & Rambabu, K. (2013). A decision framework for assessment of risk associated with global supply chain. *Journal of Modelling in Management*, 8(1), 25-53.
- Torabi, S., Baghersad, M., & Mansouri, S. (2015). Resilient supplier selection and order allocation under operational and disruption risks. *Proceedings of the 2015 Industrial and Systems Engineering Research Conference*, 2128-2137.
- Valipour Parkouhi, S., & Safaei Ghadikolaei, A. (2017). A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. *Journal of Cleaner Production*, 161, 431-451.
- Véronneau, S., Cimon, Y., & Roy, J. (2013). A model for improving organizational continuity. *Journal of Transportation Security*, 6, 209-220.
- Vlajic, J., Van der Vorst, J., & Hajjema, R. (2012). A framework for designing robust food supply chains. *International Journal of Production Economics*, 137(1), 176-189.
- Wedawatta, G., Ingirige, B., & Amaralunga, D. (2010). Building up resilience of construction sector SMEs and their supply chains to extreme weather events. *International Journal of Strategic Property Management*, 14(4), 362-375.
- Zhang, D., Dadkhah, P., & Ekwall, D. (2011). How robustness and resilience support security business against antagonistic threats in transport network. *Journal of Transportation Security*, 4, 201-219.
- Zhang, X., Mahadevan, S., Sankararaman, S., & Goebel, K. (2018). Resilience-based network design under uncertainty. *Reliability Engineering and System Safety*, 169, 364-379.
- Zhao, S., & You, F. (2019). Resilient supply chain design and operations with decision dependent uncertainty using a data driven robust optimization approach. *AIChe Journal*, 65(3), 1006-1021.

Lineamientos Generales

DESCRIPCIÓN GENERAL

La Revista Especializada en tecnología e ingeniería, órgano de divulgación científica de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI, de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD, tiene una periodicidad de publicación semestral; publica artículos originales evaluados bajo la modalidad de pares doble ciego en temas de las diferentes áreas de tecnología e ingeniería.

La Revista tiene como objetivo facilitar la divulgación del conocimiento científico y aplicado en temas de ingeniería; así como incentivar la visibilidad e impacto de la investigación desarrollada en el ámbito nacional e internacional en las áreas de la ingeniería de manteniendo como propósito la construcción de redes de conocimiento.

Para efectos de publicación, se reciben las siguientes clases de documento:

- Artículos de resultados de avance parcial o final de proyectos de investigación en el área de la ingeniería, o en el desarrollo de herramientas pedagógicas para la enseñanza de la ingeniería.
- Artículos de reflexión, documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor sobre un tema específico.
- Estados del arte o artículos de revisión, definido por Minciencias como aquél escrito que sistematiza y analiza los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo del conocimiento.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ARTÍCULOS

Los artículos sometidos a publicación deben ser originales o inéditos, no estar postulado para publicación simultáneamente en otras revistas y se debe entregar con carta donde conste la originalidad, firmada por los autores.

POSTULACIÓN DEL ARTÍCULO

El envío de su artículo se efectuará por el sistema OJS <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/login> con la sesión de derechos y la hoja de vida de los autores en los formatos establecidos para tal fin.

Los artículos producto de investigación no deben exceder de 12 páginas y los review de máximo 20 páginas tamaño carta, a espacio sencillo con márgenes de 3.0 cm a cada lado, fuente para todo el artículo Times New Roman, tamaño 11 puntos y bajo las normas Harvard establecidas.

PROCESO DE EVALUACIÓN

La evaluación, revisión, dictamen o arbitraje de los artículos postulados para publicación deben cumplir las siguientes indicaciones:

- Todo original será sometido al proceso de dictamen, bajo la modalidad de pares doble ciego y una valoración preliminar por el Comité Editorial de la Revista, con el fin de calificar el documento, en cuanto a forma, contenido y cumplimiento de normas de publicación.
- Posterior a esto se enviará el artículo a dos pares ciegos especialistas en el área del artículo. Una vez evaluado y aprobado el documento, se remitirá a los autores para que se realicen las correcciones o aclaran aspectos surgidos del proceso de evaluación.
- El documento debe ser devuelto con los ajustes, para continuar con el proceso de corrección de estilo y posterior edición.
- En el eventual caso de amplias discrepancias en los resultados de la evaluación, el Comité Editorial tomará la decisión final de aceptación o rechazo del mismo. La aceptación definitiva dependerá de las modificaciones que los pares evaluadores propongan al autor y el concepto del Comité Editorial.
- El Comité Editorial se reserva el derecho de introducir modificaciones formales, necesarias para adaptar el texto a las normas de publicación. De no ser aprobado el artículo en la evaluación preliminar o en la evaluación por pares ciegos, se comunicará a los autores la decisión y los motivos de rechazo de la comunicación.

OPEN JOURNAL SYSTEM

Consulte on-line la revista en
<http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion>

Instrucciones para presentar artículos



Los artículos producto de investigación deben tener máximo de 12 páginas y los review máximo 20 páginas tamaño carta, a espacio sencillo con márgenes de 3.0 cm a cada lado, fuente para todo el artículo Times New Roman, tamaño 11 puntos y bajo las normas Harvard.

1. CONTENIDO EL DOCUMENTO

El artículo contiene unos aspectos formales para su presentación relacionados a continuación:

1.1. Título

El título principal del artículo debe estar en español e inglés; Fuente Times New Roman tamaño 14.

1.2. Detalles del Autor(es)

El nombre del autor o Autores debe estar escrito de acuerdo a la forma de citación orcid, centrado, fuente tamaño 11 puntos y negrita.

1.3. Filiación del Autor(es)

La Universidad o entidad de afiliación, Escuela, Ciudad y País en fuente tamaño 11 puntos y cursiva, los correos y el orcid en tamaño 10 puntos en fuente tipo Courier; Entidad que financia el proyecto (de existir).

1.4. Resumen

El resumen se debe presentar en español e inglés: que no exceda 250 palabras y que describa sistemáticamente el contenido del artículo.

1.5. Figuras y Tablas

Las figuras y tablas deben estar centradas en la columna. Si la figura es muy larga, se puede extender hasta ocupar el espacio de las dos columnas. Cualquier figura o tabla que se extienda más de una columna, pero no ocupe el espacio de las dos columnas debe estar centrada

Los gráficos deben estar en color, de preferencia utilice colores estándar (rojo, azul, verde, amarillo) de manera que puedan ser reproducidos en cualquier sistema, las fotografías deben estar en jpg tif ,eps ps., png.)

Toda figura debe acompañarse de un título en letra de tamaño de 9 puntos, que inicia con

la abreviatura “Fig.” para indicar “Figura” y un número de secuencia.

El nombre de la figura se utiliza centrado en la columna, o página si la figura se extiende fuera de la columna. Si la descripción se extiende más de una línea, se debe mostrar de forma justificada, como en Fig. 1.

1.6. Palabras clave

Las palabras clave deben estar en español e inglés y cursiva, máximo diez palabras clave que den una idea de los temas fundamentales que se encuentran en el artículo. Estas palabras deben ir ordenadas alfabéticamente separadas por comas. Para estandarizar las palabras clave se sugiere buscarla en el siguiente hipervínculo, https://www.ieee.org/documents/taxonomy_v101.pdf



Fig. 1 El ejemplo de un gráfico con colores sólidos que resaltan sobre el fondo blanco.

1.7. Tablas

El título y contenido de las tablas en tamaño 9 puntos.

TABLA 1
Tamaño y fuentes para artículos

Tamaño	Fuente (Times new Roman)		
	Regular	Negrita	Cursiva
14	TÍTULO DEL ARTICULO	negrita	
11	Nombre del autor	negrita	
11	Filiación de los autores		cursiva
10	Correo electrónico (fuente Courier)		
11	Contenido	(Times new Roman)	
11	TITULOS	negrita	
11	Subtitulos	negrita	cursiva
11	Resumen	Cuerpo del Resumen	
11	<i>Abstrac</i>	<i>Cuerpo del abstrac cursiva</i>	cursiva
9	Título de figuras	Negrita solo Fig. No	
9	Título y contenido de tablas	Minúscula negrita solo Tabla No.	negrita
9	Referencias bibliográficas	Referencias	

1.8 Aspectos formales y estructura del artículo

1.8.1 Introducción

En esta sección se incluye una presentación general del tema, lo que el experimento o estudio intenta demostrar; la hipótesis con relación al estado del arte, se debe presentar una visión general de los resultados obtenidos. Problema de investigación y método: planteamiento del problema de investigación y síntesis del enfoque metodológico. Técnicas y estrategias de recolección y análisis de la información (según el caso).

1.8.2 Desarrollo de contenido

En esta sección se desarrollan los contenidos del tema de manera ordenada y secuencial con letras mayúsculas.

Subtítulos

En esta sección se describen temas detallados que forman parte del título principal

Estilo del artículo

El artículo debe presentarse a dos columnas

Viñetas

Si es necesario el uso de viñetas debe utilizarlas siguiendo las instrucciones

- Cuando desea mencionar varias cosas dentro de un tema de un subtítulo
- Cuando necesite crear niveles en una sección utilice las siguientes normas

Primer Nivel. El primer nivel corresponde al de título, por tanto debe estar centrado, numerado con números arábigos y todas las letras en mayúscula.

Segundo Nivel. Un segundo nivel corresponde al subtítulo. Deben estar numerados usando números arábigos seguido por un punto y alineados a la izquierda y en cursiva.

Tercer nivel. Un tercer nivel es el numero del título, seguido por el número del subtítulo y el número que corresponda en el nivel separados por comas. Utiliza letra cursiva y negrita, con números arábigos. El cuerpo del ítem debe estar inmediatamente después del encabezado, sin saltos de línea.

2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados deben ser presentados objetivamente en forma de gráficos y/o tablas, de ser posible en forma comparativa. Según sea el caso del tipo de artículo.

3. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Lo principal de esta sección es presentar los principales resultados, fundamentados en los objetivos y en la teoría, deben manejarse como enunciados cortos.

RECONOCIMIENTOS

Esta sección no es de carácter obligatorio obligatoria y se coloca los agradecimientos a personas que colaboraron en el desarrollo del proyecto pero que no figuran como autores. No debe ir numerado.

REFERENCIAS AL FINAL DEL TEXTO

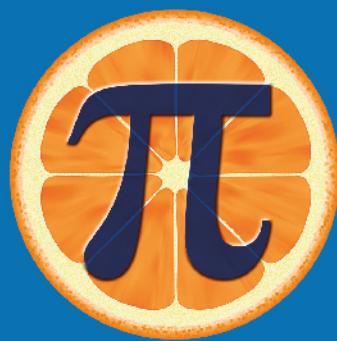
Esta sección no debe tener numeración y todas las referencias se hacen en letra de 9 puntos La lista de las obras citadas se incluye al final del artículo. Se debe referenciar en orden alfabético, según la guía de Norma Harvard <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/administration-and-support-services/library/public/Harvard.pdf>

LISTA DE AUTORES

LIST OF AUTHORS



Rubiela Bello Rodríguez
James Leonardo Giraldo Castro
Martha Barrera Hernández
Lady Viviana Jaimes Ariza
Juan Camilo Serrano Osma
Macarena Jara Nercasseau
Sandra Patricia Olano Delgado
Álvaro Parrado Barbosa
Paola Andrea Valencia Achuri
Diego Abril Herrera
Ismael Povea Garcerant
Andres Camilo Correa Nuñez
Danny Ibarra Vega
Gabriel Ernesto Barragán Moreno
Linda Bibiana Rocha Medina



UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
UNAD

www.unad.edu.co

Sede Nacional José Celestino Mutis. calle 14 Sur No 14-23
PBX: 3443700 ext: 1422 - 1333

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

h

publicaciones.investigacion@unad.edu.co
Bogotá. D.C. Colombia