

Cadenas de valor inclusivas y resilientes: empoderamiento rural femenino y estrategias de cogestión, en la resignificación del rol de la mujer campesina cafetera en Colombia

Diego A. Marín Idárraga ^{ab}, Alexandra Duarte Castillo ^b, John Wilmer Escobar Velásquez ^c

^a **Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Ibagué, Colombia**

^b **Universidad de Caldas. Manizales, Colombia**

^c **Universidad del Valle. Cali, Colombia**

Resumen

El café es el producto más comercializado a nivel mundial, luego del petróleo. Actualmente, la cadena de suministro del café o CSC ha tenido cambios a nivel organizacional, tecnológico y de gestión desde la ingeniería de impacto en aras de cuidar y transformar la vida. De otro lado, no se sabe con exactitud el impacto de la política pública que busque mejorar la eficiencia operativa de los procesos, en términos de mejoramiento de la calidad de vida, emprendimiento, la seguridad alimentaria y nutricional, la vinculación a la formalización laboral, el grado de incorporación de la mujer rural en la asociatividad, el liderazgo transformacional y el empoderamiento femenino en relación con el extensionismo agropecuario y el desarrollo rural, la familia cafetera y el relevo generacional. La literatura que menciona la mujer rural en la CSC es aún escasa.

La presente investigación se deriva de la tesis titulada “Viabilidad para la toma de decisiones estratégicas y tácticas en la CSC (Coffea): robustez y resiliencia, agilidad y sostenibilidad” alineado al objetivo central de un proyecto de investigación en alianza entre la Universidad de Caldas y la UNAD con el propósito de generar conocimiento a partir del análisis de la CSC producido por mujeres rurales en el sur del Tolima - Colombia, específicamente el municipio de Planadas, con el fin de establecer perspectivas de trabajo multi, trans e interdisciplinar y una planeación estratégica a partir de un estudio sistemático sobre prácticas sociolaborales y estrategias de cogestión.

El enfoque cuantitativo y cualitativo incluye instrumentos de recolección de datos (entrevistas, encuestas y método delphi), y métricas de la asociación exportadora de cafés especiales: ASOCAFÉ – La Orquídea de Planadas. También se planteará un modelado matemático que comprende una parte de la CSC y se llevará a cabo mediante el Software Phyton, que represente

de manera adecuada el comportamiento real de la dinámica del sistema a partir del método estocástico bajo el modelado de enteros mixtos -MILP, y la optimización robusta, con el fin de brindar un análisis prospectivo para la toma de decisiones tácticas y estratégicas, al determinar para el modelo matemático la función objetivo, los parámetros, las variables y restricciones en el modelamiento.

Los resultados esperados están concatenados con la revisión sistemática bajo el método Prisma el cual arrojó 39 documentos detectados, la apropiación social de conocimiento a partir de la generación de un evento académico para mujeres rurales, una metodología de viabilidad para la CSC que aborde la robustez y resiliencia, la agilidad y por tanto la sostenibilidad cafetera. La metodología se basará en el método SCRUM que contribuirá desde la Ingeniería con la planeación estratégica social-comunitaria y solidaria, que dignifique el rol de la mujer campesina en el microterritorio, a partir de un mayor protagonismo y el logro de la equidad de género en cadenas de valor inclusivas y resilientes.

Palabras clave: productividad; industrialización; comercialización; equidad de género; inclusión; seguridad alimentaria y nutricional

Abstract

Coffee is the most traded product worldwide, after oil. Currently, the coffee supply chain (CSC) has undergone organizational, technological, and management changes, driven by impact engineering aimed at protecting and transforming lives. Furthermore, the exact impact of public policy seeking to improve the operational efficiency of processes is unknown, in terms of improving quality of life, entrepreneurship, food and nutritional security, linkage to labor formalization, the degree of incorporation of rural women into associations, transformational leadership, and women's empowerment in relation to agricultural extension and rural development, the coffee-growing family, and generational renewal. Literature mentioning rural women in the CSC is still scarce. This research is derived from the thesis entitled "Feasibility for Strategic and Tactical Decision-Making in the CSC (Coffee): Robustness and Resilience, Agility, and Sustainability." This project is aligned with the central objective of a research project in partnership between the University of Caldas and UNAD.

The purpose of this project is to generate knowledge from the analysis of the CSC produced by rural women in southern Tolima, Colombia, specifically the municipality of Planadas. This research aims to establish perspectives for multidisciplinary, transdisciplinary, and interdisciplinary work and strategic planning based on a systematic study of socio-labor practices and co-management strategies.

The quantitative and qualitative approach includes data collection instruments (interviews, surveys, and the Delphi method) and metrics from the specialty coffee exporting association ASOCAFÉ – La Orquídea de Planadas. A mathematical model will also be proposed, comprising a portion of the CSC and implemented using Python software. This software adequately represents the real-world behavior of the system dynamics using the stochastic method under mixed integer modeling (MILP) and robust optimization. This provides a prospective analysis for tactical and strategic decision-

making by determining the objective function, parameters, variables, and modeling constraints for the mathematical model.

The expected results are linked to a systematic review using the Prisma method, which yielded 39 detected documents, the social appropriation of knowledge through the creation of an academic event for rural women, and a feasibility methodology for the CSC that addresses the robustness and resilience, agility, and therefore the sustainability of the coffee industry. The methodology will be based on the SCRUM method, which will contribute to strategic social, community, and solidarity planning through engineering, dignifying the role of rural women in the micro-territory by empowering them and achieving gender equity in inclusive and resilient value chains.

Keywords: *productivity; industrialization; marketing; gender equity; inclusion; food and nutrition security*

1. Introducción

De acuerdo con la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia FNC (2021) el café es el segundo producto más comercializado a nivel mundial, después del petróleo. La cadena de suministro del café (CSC) ha experimentado cambios significativos en términos organizacionales, tecnológicos y de gestión, con el objetivo de mejorar la calidad de vida y la resiliencia de los caficultores y transformar la sociedad desde el consumo de este exquisito producto. Sin embargo, De acuerdo con los factores críticos para adoptar una gestión sostenible de la cadena de suministro agroalimentaria en los países en desarrollo, el caso de la industria del café etíope por Habib et al. (2024), el impacto de las políticas públicas en la eficiencia operativa, calidad de vida para los caficultores, fomento del emprendimiento, la seguridad alimentaria y nutricional, la formalización laboral, y el empoderamiento de la mujer rural en la CSC sigue siendo incierto. La literatura sobre la participación de la mujer rural en la CSC es limitada o escasa.

2. Marco Teórico

Según Kangile et al. (2021c) las cadenas de valor inclusivas y resilientes buscan integrar a todos los actores de la CSC, asegurando que cada uno de ellos tenga la capacidad de adaptarse a cambios y desafíos repentinos, estos desafíos han sido abordados entre otros por Clavijo-Buritica et al. (2023) El empoderamiento rural femenino es una tarea aun por cumplir para el desarrollo sostenible, debido a que las mujeres juegan un papel fundamental en la agricultura y la economía rural. Las estrategias de cogestión permiten una gestión compartida y colaborativa, al promover la participación de todos los involucrados. De acuerdo con ello, Kangile et al. (2021a) analiza el papel de la producción y el comercio del café en la equidad de género y la mejora de los medios de vida en Tanzania, como también Bashiri et al. (2021) investigó la dinámica de los riesgos de sostenibilidad en la cadena mundial de suministro de café: un caso de Indonesia-Reino Unido.

Empoderamiento rural femenino

El empoderamiento según Lerner et al. (2021) se refiere a que la mujer adquiera control sobre sus vidas y la de su entorno, al desarrollar habilidades, confianza y acceso a recursos que les permiten tomar decisiones informadas y aportar significativamente a la sociedad. La presente investigación se enfoca específicamente en las mujeres que viven en zonas cafeteras, en aras de mejorar la capacidad de influir en procesos resilientes, ambientales, económicos, laborales, sociales y políticos. Sin embargo, no siempre el comercio cafetero es justo, en ese sentido, podría estarse dando también un comercio injusto que afecte la sostenibilidad económica de las fincas cafetaleras como el expuesto por Lerner et al. (2021), que afecte el empoderamiento femenino.

Por consiguiente, la relevancia del concepto de empoderamiento rural femenino es fundamental por diversas razones como lo afirma Kangile et al. (2021c) entre estas el desarrollo económico, dado que las mujeres rurales juegan un papel primordial en la caficultura y la economía de la familia rural. Al empoderarlas, se mejora la productividad, la cogestión y se impulsa el desarrollo y progreso económico-ambiental. Seguido de la equidad de género que acorde con Kangile et al. (2021b) busca promover la igualdad de oportunidades y derechos para las mujeres cafeteras, reduciendo brechas y discriminaciones históricas, bajo esas premisas, las mujeres campesinas suelen estar más conectadas con prácticas sostenibles y la conservación del medio ambiente. Su empoderamiento puede llevar a una gestión responsable de los recursos naturales, según estudios realizados sobre café, clima, comunidad, a partir de análisis holísticos de las CSC de especialidad en Ruanda por van Kollenburg & van Weert (2024).

3. Metodología

La investigación en alianza entre la Universidad de Caldas, la Universidad Nacional Abierta y Distancia UNAD, la asociación exportadora de café de Planadas – ASOCAFÉ La Orquidea; utiliza el método PRISMA (2020) para la revisión sistemática de literatura, el enfoque es mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. Se realizarán entrevistas y encuestas a mujeres rurales y otros actores de la CSC, además del método Delphi para obtener consenso entre expertos. Ahora bien, según Programación lineal, LinkedIn, (2024), el modelado matemático se llevará a cabo utilizando Python, aplicando el método estocástico y la optimización robusta para representar la dinámica del sistema.

Para la revisión sistemática de literatura bajo el método PRISMA (2020) se obtuvo a partir de la pregunta de investigación la siguiente ecuación de búsqueda y la tabla de términos: (TITLE-ABS-KEY ("coffee supply chain") AND TITLE-ABS-KEY (sustainability OR "coffee value chain" OR leadership OR feminism OR women OR model OR resilience)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")). Las bases de datos utilizadas fueron Scopus y Web Of Science de Clarivate WoS, se obtuvo un total de 39 documentos científicos detectados con la ecuación de búsqueda refinada, utilizando criterios de inclusión/exclusión entre estos: limitado a artículos científicos, solo documentos en idioma inglés y entre un periodo de tiempo de 2003 a 2025.

Modelado matemático a partir de la utilización de Python y del MILP para la optimización robusta

Acorde con Hull & Willshaw (2014) el lenguaje de programación será utilizado en la investigación para el modelado matemático debido a sus características funcionales como lo es la simplicidad, flexibilidad y amplia gama de librerías. Es decir, que en esta investigación Python se utiliza para desarrollar modelado matemático que represente el comportamiento y la dinámica de la CSC. La técnica de optimización será la programación lineal de enteros mixtos (MILP) que combina variables, parámetros, restricciones y múltiples objetivos en un modelado matemático que permite la toma de decisiones estratégicas y tácticas, basado en un análisis cuantitativo. Según de de Assis & Camponogara (2016) el modelo de programación lineal de enteros mixtos (MILP) para la CSC busca optimizar diferentes aspectos, desde la producción hasta la distribución, por ejemplo, desde el café pergamino seco hasta su transporte a los destinos de exportación desde Colombia, considerando la función objetivo, las variables, los parámetros y las restricciones específicas.

Desde un enfoque *triple bottom line* acorde con Clavijo-Buritica et al. (2022) es decir una visión económica, social y ambiental, en el componente social, se ingresará la variable número de empleos para mujeres rurales en la CSC, y en el modelo se definirá mediante una restricción. La optimización robusta también será utilizada en esta investigación, dado que, según Programación lineal, LinkedIn, (2024) es una técnica que busca encontrar soluciones óptimas frente a la incertidumbre y a la variación en los parámetros del modelo respecto al tiempo, para ello se llevará a cabo el siguiente procedimiento:

a. Definición del Problema

El objetivo es maximizar la eficiencia y sostenibilidad de la CSC, considerando la producción de café pergamino seco, procesamiento para obtener café tostado y molido o en grano, transporte y distribución hasta los destinos de exportación (puertos o terminales aéreas de carga) acorde con estudios realizados desde un enfoque de modelado híbrido para el diseño de redes de suministro agrícola resilientes en países emergentes: la CSC de Colombia, por Clavijo-Buritica et al. (2022).

b. Variables del Modelado matemático

• Variables de decisión

X_{ij} : Cantidad de café transportado desde el nodo i hasta el nodo j .

y_i : Cantidad de café producido en el nodo i .

z_i : Cantidad de café procesado en el nodo i .

Variable binaria:

b_{ij} : 1 si se transporta café desde el nodo i al nodo j , 0 en caso contrario.

c. Parámetros del modelo

• Costos

c_{ij} : Costo de transporte desde el nodo i al nodo j .

p_i : Costo de producción en el nodo i .

q_i : Costo de procesamiento en el nodo i .

• Capacidades

C_i : Capacidad de producción en el nodo i .

P_i : Capacidad de procesamiento en el nodo i .

T_{ij} : Capacidad de transporte desde el nodo i al nodo j .

- **Demandas**

D_j : Demanda de café en el nodo j .

d. Función Objetivo

Maximizar el beneficio y minimizar costos, considerando los costos de producción, procesamiento y transporte:

$$\text{Maximizar } \sum_{i,j} (r_{ij} \cdot x_{ij} - c_{ij} \cdot x_{ij} - p_i \cdot y_i - q_i \cdot z_i)$$

Donde:

r_{ij} : Ingreso por la venta de café transportado desde el nodo i al nodo j .

e. Restricciones

- Restricción de capacidad de producción: $y_i \leq C_i \forall i$
- Restricción de capacidad de procesamiento: $z_i \leq P_i \forall i$
- Restricción de capacidad de transporte: $x_{ij} \leq T_{ij} \cdot b_{ij} \forall i, j$
- Restricción de demanda: $\sum_i x_{ij} \geq D_j \forall j$
- Restricción de balance de flujo: $y_i = \sum_j x_{ij} \forall i$
- Restricción de procesamiento: $z_i = y_i \forall i$
- Restricción de variables binarias: $b_{ij} \in \{0, 1\} \forall i, j$

A continuación, se presenta un ejemplo de la implementación del código mediante la librería Pulp en Phyton, teniendo en cuenta que el modelo se encuentra en construcción acorde con la Figura 1.

Figura 1.

Ejemplo de la implementación del código mediante la librería Pulp en Phyton

```

1 import pulp
2
3 # Definición del problema
4 model = pulp.LpProblem("Optimización_CSC_Café", pulp.LpMaximize)
5
6 # Variables de decisión
7 x = pulp.LpVariable.dicts("x", (nodes, nodes), lowBound=0, cat='Continuous')
8 y = pulp.LpVariable.dicts("y", nodes, lowBound=0, cat='Continuous')
9 z = pulp.LpVariable.dicts("z", nodes, lowBound=0, cat='Continuous')
10 b = pulp.LpVariable.dicts("b", (nodes, nodes), cat='Binary')
11
12 # Función objetivo
13 model += pulp.lpSum([r[i][j] * x[i][j] - c[i][j] * x[i][j] - p[i] * y[i] - q[i] * z[i]
14 for i in nodes for j in nodes])
15
16 # Restricciones
17 for i in nodes:
18     model += y[i] <= C[i]
19     model += z[i] <= P[i]
20     model += y[i] == pulp.lpSum([x[i][j] for j in nodes])
21     model += z[i] == y[i]
22
23 for i in nodes:
24     for j in nodes:
25         model += x[i][j] <= T[i][j] * b[i][j]
26
27 for j in nodes:
28     model += pulp.lpSum([x[i][j] for i in nodes]) >= D[j]
29
30 # Resolución del modelo
31 model.solve()
32
33 # Resultados
34 for i in nodes:
35     for j in nodes:
36         print(f"Cantidad de café transportado de {i} a {j}: {x[i][j].value()}")
37         print(f"Cantidad de café producido en {i}: {y[i].value()}")
38         print(f"Cantidad de café procesado en {i}: {z[i].value()}")

```

Fuente: Google colab – Phyton, Pulp library (2025)



Estos modelos MILP proporcionarán una super-estructura para optimizar la CSC al asegurar la eficiencia y sostenibilidad del sistema acorde con Clavijo-Buritica et al. (2022).

Análisis de la CSC en Planadas, Tolima – Colombia

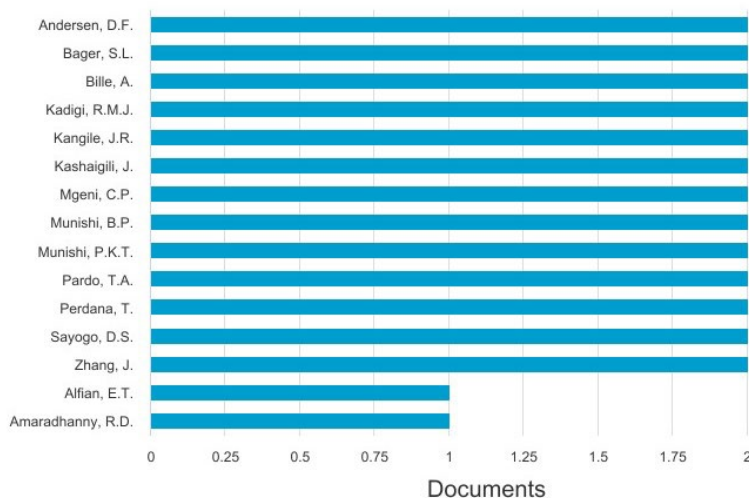
Planadas, Tolima, es un municipio destacado en la producción de café, con una fuerte presencia de mujeres rurales en la CSC. La investigación analiza la participación de estas mujeres, su rol en la asociatividad y el liderazgo transformacional, y cómo las políticas públicas han influido en su empoderamiento. Planadas es un municipio ubicado en el sur del departamento del Tolima, Colombia. Históricamente, esta región ha sido afectada por el conflicto armado, con la presencia de guerrillas y paramilitares desde el año 1980. Sin embargo, en años recientes, gracias al apoyo del gobierno y la colaboración de los habitantes, Planadas ha experimentado un importante desarrollo agroeconómico.

4. Resultados, discusión, conclusiones parciales y recomendaciones

El proyecto se encuentra en curso, los resultados que se presentan son parciales. La revisión sistemática de literatura arrojó información valiosa respecto a la contribución científica que se ha dado en la CSC, aunque se pudo establecer que aquella relacionada con la mujer cafetera es escasa. El uso de indicadores para comparar cadenas de suministro en la industria del café, como se observa en la Figura 2, ha sido investigado por Courville (2003) como también los desafíos y requisitos para el desarrollo de una arquitectura de datos que respalde la integración de cadenas de suministro sostenibles expuestos por Sayogo et al. (2014) Enseguida se presentan la visualización de resultados obtenidos a partir del análisis bibliométrico:

Figura 2.

Contribución de documentos científicos por autor



Fuente: Scopus - Elsevier (2025)

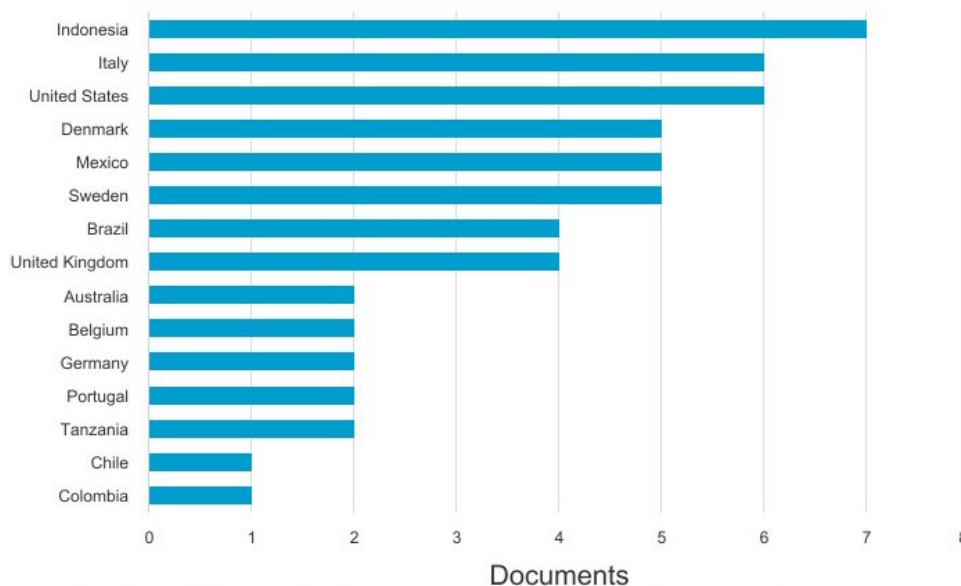


Acorde con los documentos detectados sobresalen en la revisión sistemática de literatura autores como Andersen, Bager, Bille, Kadigi y Kangile. Se han identificado los postulados de Kangile et al. (2021d) que expresan que para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible ODS en los países en desarrollo, será necesario aprovechar los beneficios de las cadenas mundiales de suministro y valor, como el café, para lograr un desarrollo económico inclusivo y la reducción de la pobreza.

Ahora bien, respecto a la trazabilidad para la sostenibilidad, se ha buscado la legitimidad en la CSC en estudios realizados por León-Bravo et al. (2022) o un enfoque de cocreación en el diseño de una CSC sostenible (un caso en la regencia de Bandung, Java Occidental, Indonesia) desarrollado por Umaran et al. (2022)). En relación con la dinámica de las certificaciones de café en los países productores, Kangile et al. (2021c) examinan la situación de Tanzania, los desafíos y los impactos en los medios de vida y la conservación del ambiente. Desde diversos territorios se ha dado este impacto de contribución científica como se visualiza en la Figura 3.

Figura 3.

Contribución de documentos científicos por país o territorio



Fuente: Scopus - Elsevier (2025)

De acuerdo con la Figura 3 los primeros 5 países que más producen ciencia en relación con la temática abordada son Indonesia, Italia, USA, Dinamarca y México. En ese sentido, en Chiapas – México se ha presentado la hoja de ruta como motor de creación de conocimiento: una propuesta para mejorar las prácticas sustentables en la CSC utilizando tecnologías emergentes Contreras-Medina et al. (2020) en ese sentido es necesario promover el comercio justo y la eficiencia del mercado, según trabajos desarrollados para café con etiqueta Fairtrade en el mercado sueco del café, por Durevall (2020).

Discusión

El proyecto de investigación se encuentra en ejecución, y ha sido un cuello de botella la consecución de datos reales, por ejemplo, de la federación nacional de cafeteros FNC – Comité de cafeteros del Tolima. La investigación subraya la necesidad de un enfoque interdisciplinario para abordar los desafíos de la CSC. La aplicación del método SCRUM en la planificación estratégica social-comunitaria demuestra que se puede desde la Universidad, aportar significativamente en la dignificación del rol de la mujer campesina y en el fomento de la equidad de género en la caficultura mediante productos de generación de nuevo conocimiento y de desarrollo tecnológico e innovación.

Conclusiones parciales

La CSC en Planadas, Tolima – Colombia muestra aspectos de robustez y resiliencia, pero aún enfrenta desafíos en términos de sostenibilidad. La equidad de género ha avanzado, pero es necesario continuar trabajando en la dignificación del rol de la mujer campesina. Entre estas características más relevantes está en primer lugar la inclusividad, que se da desde la participación de todos los actores, las cadenas de valor inclusivas aseguran que todos los participantes, especialmente los más vulnerables como las mujeres rurales, tengan voz y acceso a beneficios. En segundo lugar, la equidad de género: Promueven la igualdad de oportunidades y la dignificación del rol de la mujer en la CSC. Y, en tercer lugar, el acceso a recursos para facilitar el acceso a recursos financieros, tecnológicos y educativos para todos los actores, mejorando sus capacidades y oportunidades.

Recomendaciones

La participación de las mujeres rurales en la CSC en Colombia ha tenido un impacto positivo en su calidad de vida, mejorando sus ingresos y su autonomía. Sin embargo, aún existen brechas significativas en términos de igualdad de género y acceso a recursos. En ese sentido, las mujeres rurales han demostrado ser líderes transformacionales, promoviendo prácticas sostenibles y colaborativas en la producción de café. Su participación en asociaciones y cooperativas ha fortalecido la resiliencia y la sostenibilidad de la CSC. Se sugiere seguir trabajando en el impulso de la investigación en modelado matemático, y el impulso de políticas públicas que mejoren la eficiencia operativa y el empoderamiento femenino, así como fortalecer las prácticas sociolaborales para aumentar la participación de la mujer rural en la CSC de manera inclusiva y resiliente.

5. Referencias

- Bashiri, M., Tjahjono, B., Lazell, J., Ferreira, J., & Perdana, T. (2021). The dynamics of sustainability risks in the global coffee supply chain: A case of Indonesia–UK. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su13020589>
- Clavijo-Buritica, N., Triana-Sanchez, L., & Escobar, J. W. (2022). A hybrid modeling approach for resilient agri-supply network design in emerging countries: Colombian coffee supply chain. *Socio-Economic Planning Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101431>
- Clavijo-Buritica, N., Triana-Sanchez, L., & Escobar, J. W. (2023). A hybrid modeling approach for resilient agri-supply network design in emerging countries: Colombian coffee supply chain. *Socio-Economic Planning Sciences*, 85. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101431>

- Contreras-Medina, D. I., Contreras-Medina, L. M., Pardo-Nuñez, J., Olvera-Vargas, L. A., & Rodríguez-Peralta, C. M. (2020). Roadmapping as a driver for knowledge creation: A proposal for improving sustainable practices in the coffee supply chain from Chiapas, Mexico, using emerging technologies. *Sustainability (Switzerland)*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/su12145817>
- Courville, S. (2003). Use of indicators to compare supply chains in the coffee industry. *Greener Management International*, 43, 93–105. <https://doi.org/10.9774/GLEAF.3062.2003.au.00010>
- de Assis, L. S., & Camponogara, E. (2016). A MILP model for planning the trips of dynamic positioned tankers with variable travel time. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 93, 372–388. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.06.009>
- Durevall, D. (2020). Fairtrade and market efficiency: Fairtrade-labeled coffee in the Swedish coffee market. *Economies*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/ECONOMIES8020030>
- FNC (2021). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Mujeres cafeteras por departamento. <https://mascolombia.com/1-de-cada-3-caficultores-son-mujeres-en-colombia/>
- Google Colab (2025). Google colab. <https://colab.google/>
- Habib, A. M., Ren, J., Matellini, B., Jenkinson, I., & Paraskevadakis, D. (2024). Critical factors to adopt sustainable agrifood supply chain management in developing countries: The case of Ethiopian coffee industry. *Business Strategy and Development*, 7(4). <https://doi.org/10.1002/bsd2.70032>
- Hull, M. J., & Willshaw, D. J. (2014). Morphforge: A toolbox for simulating small networks of biologically detailed neurons in Python. *Frontiers in Neuroinformatics*, 7(JAN). <https://doi.org/10.3389/fninf.2013.00047>
- Kangile, J. R., Kadigi, R. M. J., Mgeni, C. P., Munishi, B. P., Kashaigili, J., & Munishi, P. K. T. (2021a). Dynamics of coffee certifications in producer countries: Re-examining the tanzanian status, challenges and impacts on livelihoods and environmental conservation. *Agriculture (Switzerland)*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/agriculture11100931>
- Kangile, J. R., Kadigi, R. M. J., Mgeni, C. P., Munishi, B. P., Kashaigili, J., & Munishi, P. K. T. (2021b). Dynamics of coffee certifications in producer countries: Re-examining the tanzanian status, challenges and impacts on livelihoods and environmental conservation. *Agriculture (Switzerland)*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/agriculture11100931>
- Kangile, J. R., Kadigi, R. M. J., Mgeni, C. P., Munishi, B. P., Kashaigili, J., & Munishi, P. K. T. (2021c). The role of coffee production and trade on gender equity and livelihood improvement in Tanzania. *Sustainability (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810191>
- Kangile, J. R., Kadigi, R. M. J., Mgeni, C. P., Munishi, B. P., Kashaigili, J., & Munishi, P. K. T. (2021d). The role of coffee production and trade on gender equity and livelihood improvement in Tanzania. *Sustainability (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810191>
- León-Bravo, V., Ciccullo, F., & Caniato, F. (2022). Traceability for sustainability: seeking legitimacy in the coffee supply chain. *British Food Journal*, 124(8), 2566–2590. <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2021-0628>
- Lerner, D. G., Pereira, H. M. F., Saes, M. S. M., & de Oliveira, G. M. (2021). When unfair trade is also at home: The economic sustainability of coffee farms. *Sustainability (Switzerland)*, 13(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su13031072>
- PRISMA (2020). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. <https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>
- Programación lineal, LinkedIn, (2024). ¿Cómo puedes usar la programación lineal para impulsar la creatividad en la resolución de problemas? <https://es.linkedin.com/advice/3/how-can-you-use-linear-programming-boost-creativity?lang=es>
- Scopus - Elsevier (2025). Scopus: Comprehensive, multidisciplinary, trusted abstract and citation database. <https://www.elsevier.com/products/scopus>
- Sayogo, D. S., Zhang, J., Pardo, T. A., Tayi, G. K., Hrdinova, J., Andersen, D. F., & Luna-Reyes, L. F. (2014). Going beyond open data: Challenges and motivations for smart disclosure in ethical



- consumption. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 9(2), 3–4. <https://doi.org/10.4067/S0718-18762014000200002>
- Umaran, T., Perdana, T., Kurniadie, D., & Parikesit, P. (2022). Co-Creation Approach in Designing a Sustainable Coffee Supply Chain (a Case in Bandung Regency, West Java, Indonesia). *Sustainability (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/su14010476>
 - van Kollenburg, G., & van Weert, P. (2024). Coffee, climate, community: A holistic examination of specialty coffee supply chains in Rwanda. *Sustainable Development*, 32(6), 5948–5965. <https://doi.org/10.1002/sd.3000>

Sobre los autores

- **Alexandra Duarte Castillo:** Ingeniera química, Magister en Ingeniería-química, PhD en Ingeniería _ Industria y Organizaciones. Docente de planta Universidad de Caldas – Facultad de Ingeniería. alexandra.duarte@ucaldas.edu.co
- **Diego Alberto Marín Idárraga:** Ingeniero agroindustrial, Especialista en evaluación y desarrollo de proyectos, Máster of arts in education, estudiante de Doctorado en Ingeniería de la Universidad de Caldas. diego.marin@unad.edu.co – diego.marin33993@ucaldas.edu.co
- **John Wilmer Escobar Velásquez:** Ingeniero Industrial, especialista en finanzas, magister en ingeniería – Universidad del Valle.PhD. En investigación de operaciones Università e Ricerca – Italia. Integrante del grupo de Investigación Finanzas Cuantitativas GIFINC – Universidad del Valle. john.wilmer.escobar@correounivalle.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)