Variables que inciden en: la viabilidad de economía circular en la cadena de suministro priorizada del sector agrícola en la Ciénaga de la Zapatosa-Cesar

Laura Helena Rivera Palacio

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Bogotá, Colombia
2024

Variables que inciden en: la viabilidad de economía circular en la cadena de suministro priorizada del sector agrícola en la Ciénaga de la Zapatosa-Cesar

Laura Helena Rivera Palacio

Tesis o trabajo de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Administración

Director:
Ph.D. Carlos Osorio

Línea de Investigación:
Gestión funcional
Grupo de Investigación:
Sociedad, Economía, Productividad - SEPRO

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Bogotá, Colombia
2024

Dedicatoria

A mis Abuelas, Abuelos, de manera especial a ti Abuelita Esther, con todo mi amor: lamento no haber podido entregarte este título en persona. Tu amor de Madre, tus enseñanzas, tu valentia admirable (...), permanecerán eternamente en mi alma..., y en el fondo tu melodiosa voz cantando *"vive, vive feliz en el mundo, sin que nadie pertube tu mente.."*. Te amo y te amaré por siempre ...

"...puedes pintar el mar como nadie es capaz si quieres pintarlo y olvidas otras cosas"

Ernest Hemingway

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia, por ser mi alma mater, mi profunda gratitud por brindarme la invaluable oportunidad de expandir mi pensamiento y cultivar una perspectiva más crítica. Agradezco a todos los profesores y compañeros de clase, con especial mención a los profesores Liliana Chicaiza, Carlos Alberto Rodríguez, Daniel Eduardo Rojas, Mario García y Carlos Eduardo Moreno.

A mi Director de tesis, Profesor Carlos Osorio, por su confianza desde el inicio. Valoro especialmente su sensibilidad al permitirme vivir una de las enseñanzas más valiosas de esta investigación: la importancia de conectar el análisis teórico con la realidad de nuestras comunidades. Su visión ha sido fundamental en este proceso.

Al Grupo de Investigación SEPRO, por su valiosa contribución a mi proceso investigativo. De su Director, el Profesor Wilson Adarme, admiro su entrega y visión, elementos que impulsan la investigación y la conexión teoría-práctica del grupo. A Tatiana Ruíz, por su amabilidad para compartir su conocimiento, ejemplo de excelencia académica y humana. A la Profesora Gloria Lopez y Rafael Santofimio por su liderazgo. A mis compañeros de trabajo de campo, gracias por los aprendizajes compartidos: jornadas colaborativas y transformadoras.

Al Proyecto Ecorza de la Universidad Nacional Sede La Paz, haciendo una mención especial a toda la comunidad de la Ciénaga de la Zapatosa - Cesar, mi profunda admiración y gratitud por su invaluable apertura y colaboración constante. Su admirable resiliencia y las lecciones aprendidas directamente de sus experiencias los confirman como nuestros más grandes maestros.

Al Profesor Raúl Alvear por compartir su experiencia y a Gabriel González por su disposición y orientación en la aplicación del Proceso Analítico en Red (ANP), que contribuyó a la consecución de los objetivos de esta investigación.

A Dios y a mi amada Familia – Mamá, Papá, Hermana, Hermanos, Sobrina y nuestros fieles peludos – mi eterno agradecimiento por su amor incondicional, que ha sido mi mayor fuente de fortaleza en cada desafío, especialmente en los momentos recientes. Gracias por recordarme la resiliencia de la Familia Rivera Palacio. A casa Vaiu, refugio de amistad y momentos memorables, y a mis queridos amigos "*han de saber que decidí no decir nombres. Por si alguno se quedaba en el tintero, por todos aquellos que me quieren y que quiero*"

Resumen

Variables que inciden en: la viabilidad de economía circular en la cadena de suministro priorizada del sector agrícola en la Ciénaga de la Zapatosa-Cesar.

La presente investigación de maestría aborda la identificación y evaluación de las variables cruciales para la viabilidad de la economía circular en la cadena de suministro agrícola de la Ciénaga de la Zapatosa, Cesar-Colombia. Como parte de los objetivos es contribuir a la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos, entre otros propósitos orientados a la sostenibilidad. El enfoque metodológico combina análisis primarios y secundarios para identificar tanto las barreras conceptuales de la economía circular descritas en la literatura como los desafíos estructurales propios del territorio, derivados de un diagnóstico territorial.

A partir de los resultados del diagnóstico, se desarrollaron estrategias orientadas a la mejora de la cadena de suministro, evaluando su relevancia y viabilidad mediante el Proceso Analítico en Red (ANP). Este método permitió identificar y priorizar las interdependencias entre variables cruciales proporcionando un marco integral para la toma de decisiones. La investigación destaca la coordinación entre actores locales, la integración del consumidor final y la implementación de incentivos económicos como elementos esenciales para la transición hacia prácticas circulares en la región.

Las conclusiones subrayan la importancia de alinear las estrategias con los principios de sostenibilidad económica, social y ambiental, promoviendo así un modelo de desarrollo adaptado a las características de la agricultura de pequeña escala. Las recomendaciones propuestas buscan ofrecer acciones para la adopción progresiva de la economía circular en la Ciénaga de la Zapatosa Cesar, sentando las bases para un desarrollo regional sostenible y replicable en contextos similares.

Palabras clave: Economía Circular, Pérdida y Desperdicio de Alimentos, Sostenibilidad, Gestión de la Cadena de Suministro, ANP, Coordinación entre Actores, Agricultura de Pequeña Escala

Abstract

Variables that influence the viability of a circular economy in the prioritized supply chain of the agricultural sector in the Ciénaga de la Zapatosa-Cesar.

This master's research addresses the identification and evaluation of critical variables for the viability of circular economy practices in the agricultural supply chain of the Ciénaga de la Zapatosa, Cesar-Colombia. Among the objectives is to contribute to reducing food loss and waste, along with other sustainability-driven purposes. The methodological approach combines primary and secondary analyses to identify both the conceptual barriers of the circular economy described in the literature and the structural challenges specific to the territory, derived from a detailed territorial diagnosis.

Based on the diagnostic results, strategies were developed to improve the supply chain, assessing their relevance and feasibility through the Analytic Network Process (ANP). This method enabled the identification and prioritization of interdependencies among crucial variables, providing a comprehensive framework for decision-making. The research highlights the importance of local actors' coordination, consumer integration, and the implementation of economic incentives as essential elements for the transition toward circular practices in the region.

The conclusions emphasize the need to align strategies with economic, social, and environmental sustainability principles, promoting a development model adapted to the characteristics of small-scale agriculture. The proposed recommendations offer concrete actions to foster the progressive adoption of circular economy practices in the Ciénaga de la Zapatosa-Cesar, laying the groundwork for sustainable regional development that can be replicated in similar agro-food contexts.

Keywords:Circular Economy, Food Loss and Waste, Sustainability, Supply Chain Management, ANP, Stakeholder Coordination, Small-Scale Agriculture

Contenido

Agradecimientos vii

Resumen viii

Lista de figuras xi

Lista de tablas 1

1. Introducción 2
1.1. Contextualización del problema . . . 3
1.1.1. Contexto general . . . 3
1.1.2. Zona de estudio . . . 6
1.2. Justificación . . . 7
1.3. Objetivos de la investigación . . . 8
1.3.1. Objetivo General . . . 8
1.3.2. Objetivos específicos . . . 8
1.4. Pregunta de investigación . . . 9

2. Economía Circular y Revisión de la Literatura 10
2.1. Fundamentos de la Economía Circular . . . 10
2.1.1. Definición de la Economía Circular (EC) . . . 10
2.1.2. Diagrama de Mariposa y los siete Elementos Principales . . . 11
2.1.3. Ciclo de vida y cadena de valor alimentarias sostenibles . . . 12
2.1.4. Transición a Cadenas de Suministro Sostenibles en Economía Circular 15
2.2. Revisión de Literatura sobre Economía Circular en la Agricultura . . . 17
2.2.1. Prácticas y Desafíos de la Economía Circular en la Agricultura . . . 19
2.2.2. Beneficios en la adopción de Prácticas de Economía Circular . . . 26
2.2.3. ANP en el marco de la Economía Circular . . . 28
2.3. Cierre de capítulo . . . 34

3. Metodología 35
3.1. Introducción al Diseño Metodológico . . . 35
3.2. Diagnóstico Territorial y Priorización de Estrategias . . . 36
3.3. Implementación del Proceso Analítico en Red (ANP) . . . 39
3.4. Cierre del Capítulo . . . 43

4. Resultados **45**
4.1. Diagnostico territorial Ecorregión de la Ciénaga de la Zapatosa Cesar 45
4.1.1. Análisis de la Cadena Agroalimentaria de la yuca 48
4.1.2. Análisis de la Cadena Agroalimentaria del Plátano 49
4.1.3. Análisis de la Cadena Agroalimentaria de los cítricos 51
4.2. Priorización de Estrategias de mejora en la Ecorregión de la Ciénaga de la Zapatosa Cesar 52
4.3. Implementación del Proceso Analítico en Red (ANP) 55
4.3.1. Estructura de Proceso Analítico en Red (ANP) 55
4.3.2. Resultados Proceso Analítico en Red (ANP) 58
4.4. Cierre del Capítulo 63

5. Conclusiones y Recomendaciones **65**
5.1. Conclusiones 65
5.2. Recomendaciones 66

A. Anexo: Apartados -Instrumento Guía De Caracterización Logística **68**

B. Priorización de estrategias **73**

C. Anexo: Implementación de Proceso de Red de Análisis (ANP) / Software Superdecisions **77**

Lista de Figuras

1-1. Pérdida y desperdicio de alimento en los diferentes eslabones de cadena . . . 4
1-2. Flujo de materiales en el sistema alimentario extremadamente lineal 5
1-3. Participación en la pérdida y en el desperdicio por eslabón 5
1-4. Distribución de pérdida y desperdicio por grupos de alimentos 6
1-5. Zona de estudio 7

2-1. Diagrama de la mariposa 11
2-2. Transición de economia lineal a circular 12
2-3. Diagrama comparativo herramientas de evaluación 13
2-4. Principios del desarrollo de cadenas de valor alimentarias sostenibles 14
2-5. Gestión dinámica de la cadena de suministro sostenible y de la economía circular 16
2-6. Número de artículos por año 18
2-7. Capacidad Circular para la aplicación de los principios de la EC para abordar la pérdida y el desperdicio de alimentos en las cadenas de suministro agroalimentarias. 21
2-8. Propuesta mejorada del esquema tradicional de jerarquía tradicional utilizada para gestionar los excedentes y residuos alimentarios 24
2-9. Potenciales de Reducción y Redistribución de Residuos Alimentarios en la Cadena de Suministro 24
2-10.Marco de referencia para la cadena de suministro de frutas y verduras. La adopción de tecnologías innovadoras a lo largo de la cadena agroalimentaria . 25
2-11.Co-creación Economía Circular en el Sector Alimentario 27
2-12.Metodología para el análisis de factores críticos de éxito de blockchain de EC aplicado al sector agroalimentario 32

3-1. Metodología General 36
3-2. Estructura lógica para la formulación de estrategias de mejora 37
3-3. Descarga SuperDecisions 40
3-4. Interfaz principal de SuperDecisions 41
3-5. Cuestionario entregado a los participantes con base a SuperDecisions 42

4-1. Evidencia Fotográfica de las dinámicas capturadas en los talleres participativos y entrevistas semiestructuradas 46

4-2. Distribución total de las entrevistas realizadas en los siete municipios de influencia del proyecto . . . 48
4-3. Matriz de Influencia . . . 57
4-4. Generación de las conexiones entre los diferentes nodos en Superdecisions . . 58
4-5. Estructuración de Alternativas, Criterios y nodos del Modelo ANP - SuperDecisions . . . 59
4-6. Resultado General de prioridades SuperDecisions . . . 59
4-7. Resultado General de prioridades . . . 61
4-8. Matriz No Ponderada . . . 61
4-9. Supermatriz Ponderada . . . 62
4-10.Supermatriz Limitante: . . . 62

A-1. Instrumento Guía De Caracterización Logística (Entrevista semiestructurada) 69
A-2. Instrumento Guía De Caracterización Logística (Entrevista semiestructurada) 70
A-3. Instrumento Guía De Caracterización Logística (Entrevista semiestructurada) 71
A-4. Instrumento Guía De Caracterización Logística (Entrevista semiestructurada) 72

B-1. Estrategias consolidadas . . . 74
B-2. Estrategias consolidadas . . . 75
B-3. Resultado General - Evaluación de estrategias por método RICE . . . 76
B-4. Evaluación institucionalidad y política pública . . . 76
B-5. Evaluación capital humano . . . 76

C-1. Cuestionario entregado a los participantes . . . 78
C-2. Cuestionario generado –SuperDecisions . . . 78
C-3. Cuestionario generado –SuperDecisions . . . 78
C-4. Cuestionario generado –SuperDecisions . . . 80
C-5. Cuestionario generado –SuperDecisions . . . 80
C-6. Cuestionario generado –SuperDecisions . . . 80

Lista de Tablas

2-1. Ecuación de búsqueda 18
2-2. Preguntas de Investigación para la revisión de literatura 19
2-3. Pesos y clasificación de los factores críticos obtenidos a través del análisis ANP 29
2-4. Alternativas y Descripción 31

3-1. Criterios de Evaluación y su Puntuación-método RICE 38
3-2. Interpretación del Índice Kappa según Altman (1991) 38
3-3. Perfil y Formación / Experiencia de los Participantes 44

4-1. Perfiles de expertos consultados 53
4-2. Estrategias seleccionadas por Driver o Categoría 54

C-1. Alternativas estructuradas en SuperDecisions 77
C-2. Variables Económicas, Sociales y Ambientales en la Economía Circular . . . 79

1. Introducción

La Pérdida y Desperdicio de Alimentos (a partir de ahora PDA), representa uno de los desafíos más urgentes en la cadena alimentaria a nivel mundial, debido a los distintos impactos que este conlleva, en temas económicos y ambientales como también por su relación con inseguridad alimentaria y equidad social (Banco Mundial, 2020). Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), a nivel mundial se estima que el 14 % de los alimentos producidos, valorados en unos 400.000 millones de dólares al año, se pierden tras la cosecha y antes de llegar a los comercios a nivel mundial (ONU, 2024). Las repercusiones de estas pérdidas no solo son alarmantes por la pérdida de recursos económicos y alimentarios, sino además por el impacto negativo en el medio ambiente donde se ha estimado que aproximadamente las PDA son las responsables entre el 8 % y 10 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (FAO y ODEPA, 2019).

En este contexto para abordar las PDA, desde el 2020 con el objetivo de promover acciones tanto del sector público como del sector privado se estableció el 29 de septiembre como el "Día Internacional de Concienciación sobre la Pérdida y el Desperdicio de Alimentos", a fin de promover estrategias que permitan establecer prioridades y avanzar en la innovación para lograr reducirlas mediante una restauración y reconstrucción de los sistemas alimentarios con mayores capacidades de resiliencia (ONU, 2020).

La importancia de abordar las PDA de manera integral es primordial, tanto a nivel global como local, teniendo presente las características principales de los pequeños agricultores y campesinos de la región bajo estudio, para poder identificar las oportunidades y desafíos asociados con su mitigación donde se ha planteado la economía circular como una alternativa a este objetivo (Fundación Ellen Macarthur, 2020).

Finalmente, este documento de investigación esta estructurado comenzando con una contextualización del problema, su justificación y relevancia. Posteriormente, se presenta una revisión de literatura que permite identificar las principales variables y enfoques en torno a la economía circular en el sector agroalimentario. Seguidamente, se expone la metodología empleada para caracterizar el territorio, formular y priorización de estrategias en el marco del proyecto Ecorza-SEPRO denominado *"Desarrollo, transferencia de tecnología y conocimiento para la innovación para la reactivación económica y soberanía seguridad alimentaria derivadas de la emergencia económica, social y ecológica causada por el COVID-19 en cié-*

*naga de la Zapatosa"*Ċon base en este proceso, se analizan los resultados obtenidos y su implicación en la implementación de un modelo de economía circular en la región bajo la herramienta ANP.

1.1. Contextualización del problema

1.1.1. Contexto general

En el informe publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la organización WRAP, se expone como a nivel mundial para el año 2020 cerca de 931 millones de toneladas de alimentos correspondieron a las PDA, en lo relacionado con la perdida de alimento se estimó en aproximadamente en un 14 % que correspondiente a la etapa entre postcosecha y la venta al por menor, y en lo relacionado con los desperdicios en un 17 % de alimentos correspondiente la distribución y consumo entre los servicios alimentarios, al comercio al por menor, y los hogares siendo este último con la mayor participación en los desperdicios (ver figura**1-1**) (FAO, 2022).

Para ilustrar la complejidad de las PDA y resaltar la importancia de fomentar estrategias para su mitigación, la FAO en el informe "Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction", expone como las múltiples formas en que las PDA impactan en los aspectos sociales, económicos y ambientales. Se destaca la necesidad de ampliar la investigación en cada país, con el fin de obtener datos más sólidos, dado que esto podría que permitir un análisis más completo y mejorado para desarrollar estretegias más precisas alineadas con las (ODS) para el año 2030 (FAO, 2019).

De acuerdo con los informe de la Fundación Ellen MacArthur, para enfrentar el desafío de reducir las PDA, se requiere la adoptación de un enfoque de economía circular, dado que este permite tener un marco integral para reducir las PDA mediante la maximización de los recursos y la promoción de la sostenibilidad en toda la cadena alimentaria. Sin embargo, para lograr este propósito, es indispensable la colaboración entre los diversos actores, desde el gobierno, empresas, y la sociedad (Fundación Ellen Macarthur, 2019a).

Siendo esta colaboración crucial para lograr implementar prácticas más sostenibles.Dado que el actual sistema alimentario al ser excesivamente lineal, como se ilustra en la figura **1-2** provoca: Una alta extracción de recursos finitos, altos índices de contaminación al medio ambiente, degradación del capital natural donde se estima que aproximadamente el 70 % de la demanda mundial de agua dulce se utiliza para la agricultura, así mismo se estima que la agricultura comercial a gran escala y la agricultura de subsistencia fueron responsables de aproximadamente del 73 % de la desforestación entre el periodo 2000 y 2010 (Fundación Ellen Macarthur, 2019a).

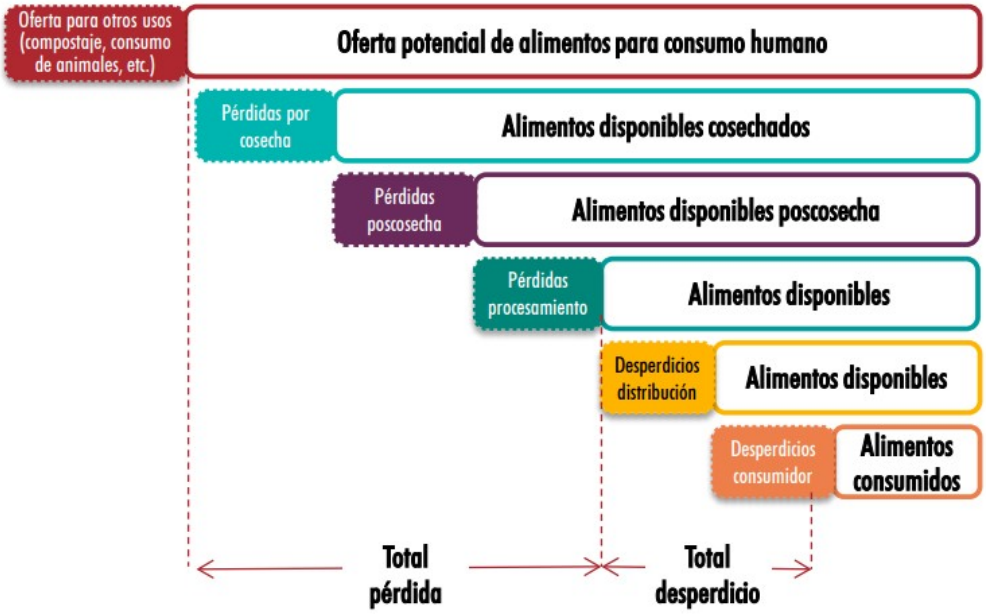


Figura 1-1.: Pérdida y desperdicio de alimento en los diferentes eslabones de cadena
Fuente: (DNP, 2016, pg.3)

A pesar de los notables avances en la productividad del sistema alimentario en los últimos dos siglos, las proyecciones indican que el crecimiento continuo de la demanda mundial de alimentos requerirá un aumento significativo en la producción agrícola. Sin embargo, satisfacer esta demanda solo sería posible utilizando el 70 % de la Tierra para la agricultura (Fundación Ellen Macarthur, 2019a). Esto no solo causaría un daño irreparable al entorno ecológico, sino que también podría llevar a la desaparición de regiones de gran diversidad ecológica, generando así una crisis alimentaria sin precedentes, en donde de continuar con esta tendencia se proyecta que algunas regiones para el año 2050 las PDA aumentarán más del doble de la cantidad actual (Huang et al., 2020) (ver figura **1-2**). Con estas proyecciones se hace relevante la comprensión de las capacidades limitadas de los ecosistemas para garantizar el suministro de los servicios a las generaciones futuras tales como la provisión (alimentación), la regulación (calidad aire), el soporte (ciclo del agua) y cultural (World Commission on Environment and Development, 1987).

Así mismo, se ha estimado que, por cada dólar invertido en alimentos, la sociedad paga un equivalente de dos dólares en costos de salud, ambientales y económicos. Por consiguiente, la implementación de una economía circular en el sistema alimentario adquiere una importancia relevante dado que se estima que permitiría: regenerar los sistemas naturales, combatir el cambio climático, mejorar el acceso a alimentos nutritivos, apoyar a comunidades locales y permite ahorrar dinero y crea valor (Fundación Ellen Macarthur, 2020).

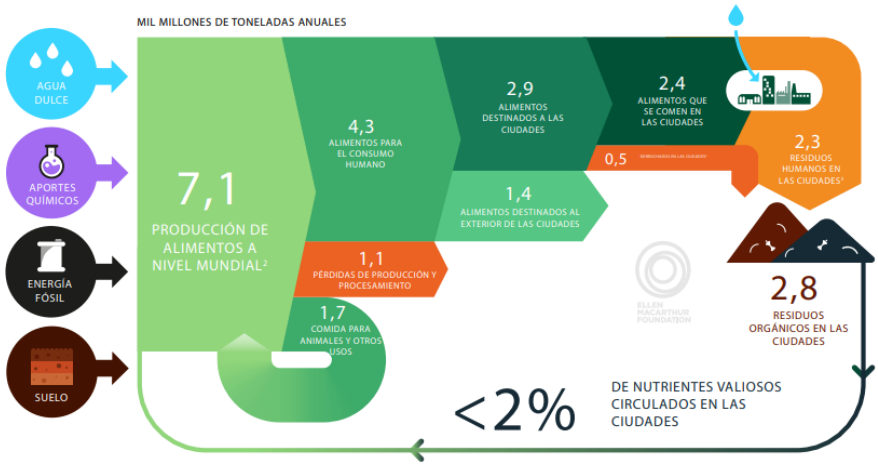


Figura 1-2.: Flujo de materiales en el sistema alimentario extremadamente lineal
Fuente: Tomado de (Fundación Ellen Macarthur, 2019a, pg.14)

En Colombia, la problemática de las PDA no es ajena, tal como se evidencian los datos del DNP (Departamento Nacional de Planeación) para el año 2016. De la oferta total de alimentos de 28,5 millones toneladas, las PDA correspondieron aprox. 9,76 millones de toneladas, lo que equivale a un 34 % del total. Al profundizar sobre estas cifras de las PDA como se ilustra en la figura **1-3**, el 64 % correspondió a pérdidas que ocurren en las etapas de producción, postcosecha, almacenamiento y procesamiento industrial. El 36 % restante corresponde a desperdicios que se generaron entre las etapas de distribución y retail, y consumo de los hogares (DNP, 2016)

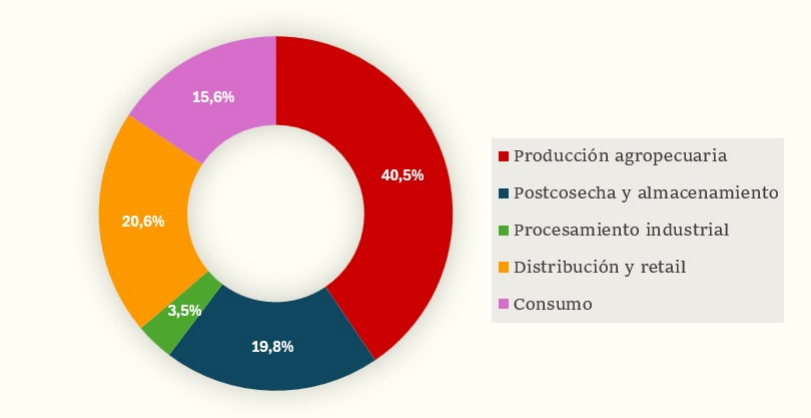


Figura 1-3.: Participación en la pérdida y en el desperdicio por eslabón
Fuente: Elaboración propia con datos de (DNP, 2016)

Dentro de esta cifra los 9,76 millones de toneladas, las frutas y verduras representaron la mayor proporción de PDA, (ver figura **1-4**), con 6,1 millones de toneladas, seguidas por raíces y tubérculos, que contribuyeron con 2,4 millones de toneladas. Además, otros sectores

como los cereales, cárnicos, oleaginosos y legumbres, pescado y productos lácteos también son sectores afectados, con 772.000, 269.000, 148.000, 50.000 y 29.000 toneladas de PDA respectivamente. Estas cifras reflejan magnitud preocupante de las frutas y verduras como principales afectados por la PDA, la cual correspondió un 62 %, seguido por raíces y tubérculos con un 25 %, cereales con 7.9 %, y el porcentaje restante correspondió a cárnicos, legumbres, pescado y productos lácteos (DNP, 2016)

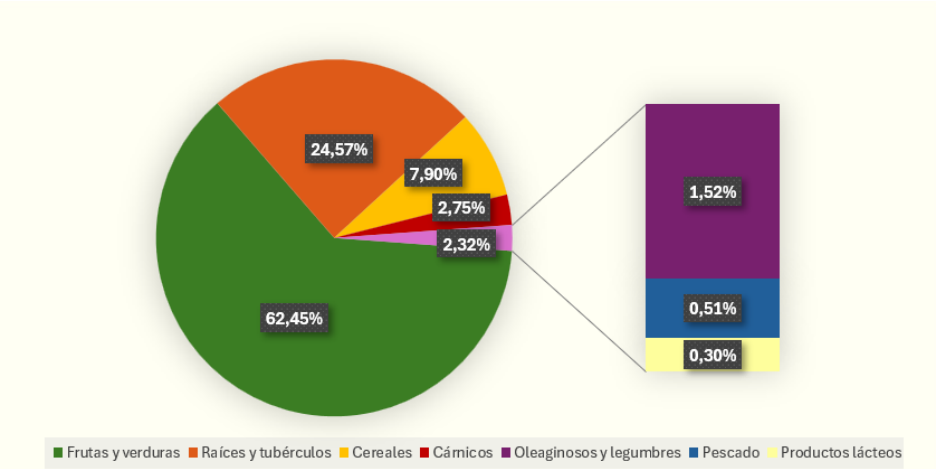


Figura 1-4.: Distribución de pérdida y desperdicio por grupos de alimentos
Fuente: Elaboración propia con datos de (DNP, 2016)

1.1.2. Zona de estudio

Este proyecto de investigación, tal como se mencionó anteriormente forma parte del proyecto de regalías "Desarrollo, transferencia de tecnología y conocimiento para la innovación para la reactivación económica y soberanía seguridad alimentaria derivadas de la emergencia económica, social y ecológica causada por el COVID-19 en ciénaga de la Zapatosa", en el cual se definieron siete municipios del departamento del Cesar que hacen parte de la ecorregión del Río Bajo Cesar - Ciénaga Zapatosa, fig. mapa, los cuales corresponden a: Astrea, Chimichagua, Chiriguaná, Curumaní, El Paso, Pailitas y Tamalameque, (ver figura **1-5**). En el contexto específico de la Ciénaga de Zapatosa, se encuentra ubicada en el norte de Colombia, la cual hace parte del complejo cenagoso continental más grande de Colombia, reconocido por la convención RAMSAR (Convención Relativa a los humedales de Importancia Internacional, especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas) en el año 2018, por su rica biodiversidad y su importancia ambiental (Ramsar, 2023).

Sin embargo, a pesar de su valor ecológico, la zona enfrenta importantes desafíos socioeconómicos, incluyendo altos niveles de pobreza y dependencia del sector primario de la economía, principalmente la agricultura y la ganadería Consejo Nacional de Política Econó-

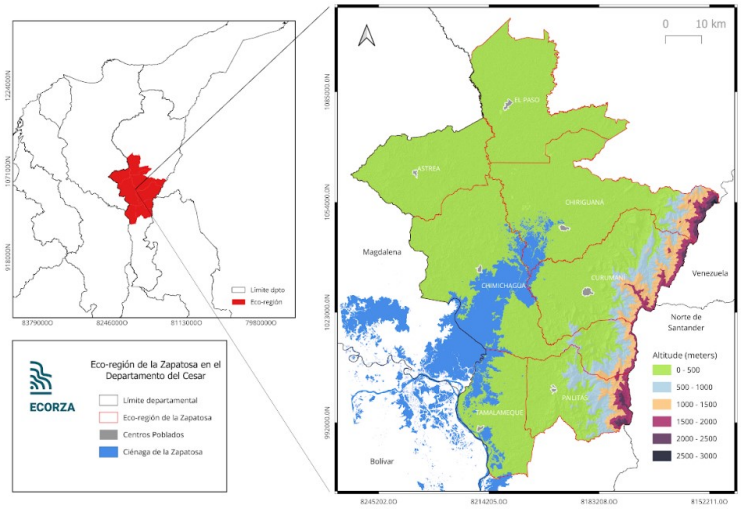


Figura 1-5.: Zona de estudio
Fuente: (Ecorza y SEPRO, 2023b, pg. 15)

mica y Social, 2021. Estos desafíos se reflejan en indicadores deficientes, como la inseguridad alimentaria, la cual para el año 2023, tanto la región Caribe como la región Pacífico presentaron las tasas más altas de inseguridad alimentaria, con un 40 % en promedio. En particular, el departamento del Cesar, superó este con un estimado del 55 % de inseguridad alimentaria, que incluye niveles graves y moderados (Acosta Amylkar, 2023).

De acuerdo con el informe el del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2022p), el departamento del Cesar cuenta con una población de 1.349.162 habitantes y participa con el 2,57 % en el PIB nacional (Ministerio de Comercio, 2024). En lo relacionado con la actividad agropecuaria estos desafíos son importantes para la región bajo estudio, donde la agricultura a pequeña escala es un componente fundamental de la economía local, donde dentro de los principales retos que enfrenta la región es la falta de acceso a mercados y cadenas de distribución eficientes (Minambiente, 2022). Dado que son obstáculos que no solo limitan su capacidad para comercializar sus productos de manera rentable sino además poderlo hacer de manera sostenible, restringiendo sus oportunidades de crecimiento. Adicionalmente, esta situación se ve agravada por la infraestructura limitada y las condiciones climáticas adversas que dificultan la producción y el almacenamiento de alimentos, lo que resulta en un aumento significativo de las pérdidas de alimentos (CESORE, 2021).

1.2. Justificación

La región de la Ciénaga de la Zapatosa en el departamento del Cesar, Colombia, se enfrenta a desafíos significativos en el sector agropecuario. Los pequeños agricultores, pescadores

artesanales y campesinos enfrentan desafíos adicionales debido a su limitada infraestructura de mercado y a las restringidas oportunidades de comercialización para sus productos (CESORE, 2019). Esta situación, combinada con la desconexión notable entre la oferta y la demanda, intensifica las diferentes problemáticas, incluyendo situaciones en las que se produce un exceso de alimentos o se descartan productos aptos para el consumo debido a criterios estéticos o normativos poco realistas (Minambiente, 2022).

A nivel nacional, el gobierno ha implementado políticas como la Transferencia "Hambre Cero", que busca fortalecer los sistemas agroalimentarios sostenibles en todo el país. Sin embargo, se ha identificado la necesidad de una estrategia más integral para abordar eficazmente las PDA y sus impactos en las comunidades locales (DNP, 2021).

En este contexto, el presente trabajo se enfoca en abordar de manera integral los factores que permitirían abordar la implementación de economía circular mediantes estrategias adaptadas a las necesidades y características de los pequeños agricultores y campesinos de la región. Se espera que esta investigación proporcione información valiosa para los diversos actores interesados en mejorar las prácticas agrícolas, promoviendo una mayor eficiencia en el uso de los recursos disponibles.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Identificar las variables que inciden en la viabilidad de la economía circular en la cadena de suministro priorizada del sector agrícola en la Ciénaga de la Zapatosa-Cesar.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar a partir de la revisión de literatura los principios y prácticas del modelo de economía circular.

- Establecer qué variables determinan la viabilidad de la economía circular en la cadena de suministro priorizada en el área de estudio.

- Analizar las barreras y retos para el desarrollo de economía circular en la cadena de suministro priorizada del sector agrícola en el área de estudio.

1.4. Pregunta de investigación

Con base en los objetivos, la pregunta de investigación del presente trabajo es: ¿Cuáles son las variables clave priorizadas para viabilizar la implementación de la economía circular en la cadena de suministro del sector agrícola en la Ciénaga de la Zapatosa?

2. Economía Circular y Revisión de la Literatura

2.1. Fundamentos de la Economía Circular

2.1.1. Definición de la Economía Circular (EC)

La economía circular (EC) se ha definido como un modelo de gestión de recursos que promueve su utilización prolongada en ciclos cerrados, minimizando así su disposición final como residuos, orientado los esfuerzos en fomentar la sostenibilidad y la resiliencia tanto económica como ambiental(Fundación Ellen Macarthur, 2019b). Bajo este contexto la EC se destacan tres principios fundamentales que sustentan este enfoque: (1) la eliminación de residuos y la prevención de la contaminación , de esta manera evitar la generación de desechos, optimizando el uso de materiales y energía (2) la circulación de productos y materiales en su máximo valor prácticas como la rediseño, reutilización, la reparación, remanufactura, reciclaje son fundamentales para mantener el valor de los productos dentro de la economía, y (3) la regeneración de los sistemas naturales restaurar y mejorar los ecosistemas, reintegrando nutrientes al suelo y recuperando áreas degradadas . Estos principios reflejan un cambio necesario con el modelo lineal económico, que tradicionalmente se ha basado en *"extraer, producir, usar y desechar"*(Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco, 2019).

Es importante precisar que la EC representa un cambio de paradigma en la comprensión de la interrelación entre la economía y el medio ambiente tal como lo expone (Daly y Farley, 2004),la EC se podría enmarcar dentro de la economía ecológica, dado que reconoce a la economía como un subsistema inmerso en un ecosistema mayor. Esta perspectiva es crucial para comprender que la economía circular no solo busca optimizar la eficiencia en el uso de recursos materiales, sino también garantizar la sostenibilidad a largo plazo en un contexto de recursos finitos (Daly y Farley, 2004).

En este contexto, la economía circular proporciona un marco global que no solo responde a los desafíos ambientales y de recursos, sino que también genera nuevas oportunidades económicas a través de modelos de negocio innovadores, basados en la sostenibilidad y la creación de valor compartido, para un desarrollo económico resiliente y sostenible. Este enfoque sistémico es fundamental para enfrentar los desafíos como el cambio climático, la pérdida

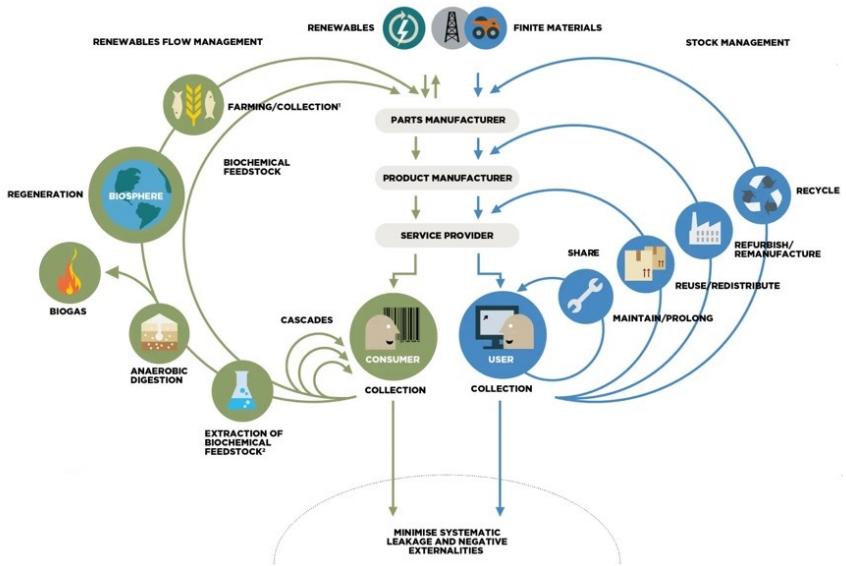


Figura 2-1.: Diagrama de la mariposa
Fuente: (Fundación Ellen Macarthur, 2022, https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram)

de biodiversidad y la escasez de recursos (IHOBE, 2023).

2.1.2. Diagrama de Mariposa y los siete Elementos Principales

El diagrama de mariposa surge con varios propósitos dentro de los cuales se destaca el objetivo de poder comprender y tener mayor claridad sobre los diferentes tipos de flujos que se vinculan con la EC (ver figura **2-1**), por otra parte ser una guía para poder orientar las estrategias de acuerdo con los dos tipos de ciclo, el biológico y el técnico, estos ciclos desempeñan roles complementarios en la gestión de recursos. El ciclo biológico hace referencia a los materiales biodegradables tales como los residuos orgánicos y ciertos textiles, estos son reintegrados de manera segura en los ecosistemas, lo cual contribuye a su regeneración . Mientras que, el ciclo técnico se enfoca en mantener en circulación los productos y sus componentes por medio de procesos como la reutilización, la reparación, la remanufactura y el reciclaje, con el fin de prolongar la vida útil y evitar los residuos (Fundación Ellen Macarthur, 2022).

Bajo este contexto, es crucial establecer una adecuada transición hacia una economía circular, teniendo presente los siete principios de EC (ver figura **2-2**) que incluyen, entre otros, la priorización de recursos renovables, la reconfiguración de modelos económicos tradicionales y el diseño orientado hacia el futuro. Estos elementos proporcionan un marco integral que asegura la optimización de recursos a lo largo del ciclo de vida de los productos, desde su concepción y fabricación hasta su consumo y eventual reciclaje. Implementar estos principios

Figura 2-2.: Transición de economia lineal a circular
Fuente: (Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco, 2019,pg.12)

es esencial para reducir la dependencia de recursos no renovables y avanzar hacia un modelo económico más resiliente y sostenible (Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco, 2019).

2.1.3. Ciclo de vida y cadena de valor alimentarias sostenibles

- **Ciclo de vida y su relación con economía circular**

  La transición hacia una economía circular exige una visión integral de los procesos productivos, en la cual se evalúen de manera sistemática los impactos ambientales, económicos y sociales en cada etapa de la cadena de valor. Para lograrlo, es fundamental adoptar un enfoque basado en el ciclo de vida, el cual permite comprender como un producto o servicio evoluciona desde la producción y obtención de insumos hasta su disposición final, incluyendo procesos intermedios como la transformación, distribución y consumo. El pensamiento de ciclo de vida (Life Cycle Thinking) representa un marco conceptual que busca minimizar los impactos ambientales considerando todas las etapas de un sistema productivo. Esta perspectiva es esencial en la economía circular, ya que permite identificar oportunidades para cerrar ciclos de materiales y energía, reduciendo la extracción de recursos naturales y optimizando la reutilización y el reciclaje de productos(IHOBE, 2023).

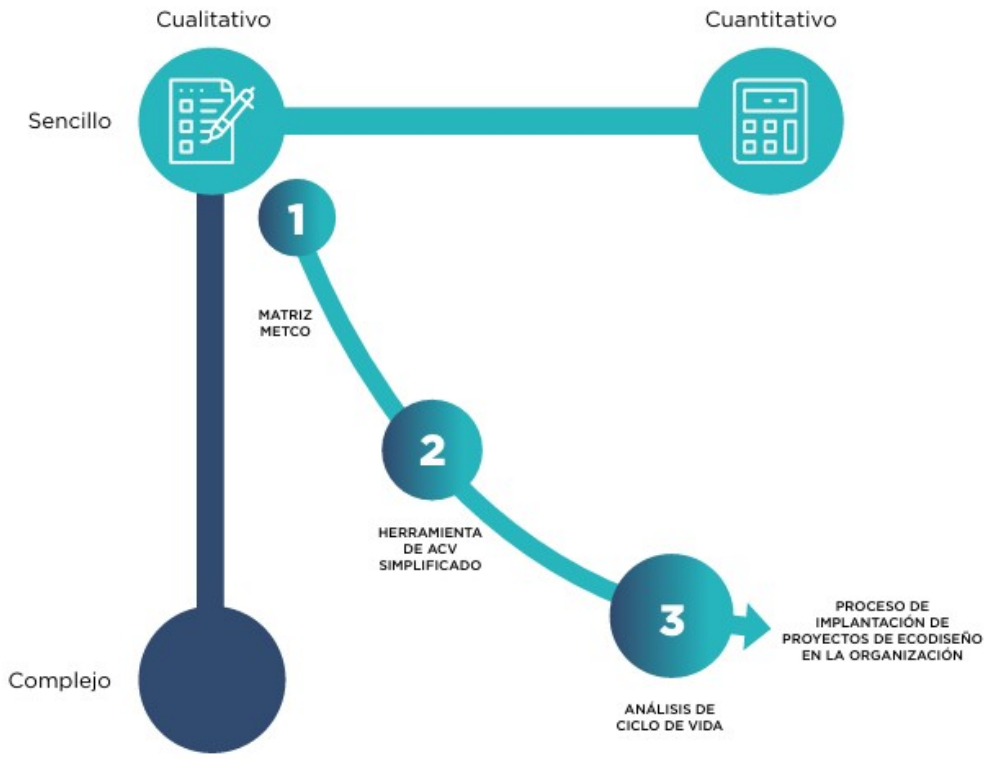


Figura 2-3.: Diagrama comparativo herramientas de evaluación
Fuente: (IHOBE, 2023, pg.54)

La evaluación de impactos en el ciclo de vida de los productos agroalimentarios puede realizarse mediante herramientas con distintos niveles de complejidad. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es el método más riguroso (ver fig. **2-3**), ya que permite una cuantificación detallada de los impactos ambientales a lo largo de todas las etapas productivas. Su aplicación requiere bases de datos especializadas y metodologías estandarizadas que permitan evaluar indicadores ambientales como el consumo de agua, la huella de carbono y la generación de residuos. En contraste, existen herramientas de menor complejidad, como la Matriz METCO, que permiten obtener una visión general de los impactos ambientales sin necesidad de recurrir a cálculos detallados. Esta matriz, al ser un método cualitativo, es útil en etapas iniciales de diagnóstico para identificar las áreas del ciclo de vida de un producto con mayor repercusión ambiental y potencial de mejora (IHOBE, 2023)

- **Cadenas de valor alimentarias sostenibles (DCVAS)**

El concepto de cadena de valor fue introducido por Porter (1985) para describir el

Figura 2-4.: Principios del desarrollo de cadenas de valor alimentarias sostenibles
Fuente: (IHOBE, 2023, pg.29)

conjunto de actividades necesarias para generar un producto o servicio, desde la obtención de insumos hasta su entrega final al consumidor. Este enfoque analiza como cada eslabón del proceso productivo aporta valor, permitiendo identificar oportunidades para mejorar la eficiencia y la competitividad del sistema. La economía circular propone una transformación en la manera en que las cadenas de valor agroalimentarias operan, pasando de un modelo lineal, basado en la extracción, producción, consumo y desecho, a un modelo circular que optimiza el uso de recursos, minimiza residuos y fomenta la regeneración de sistemas productivos. En este sentido, la integración de estrategias circulares en las cadenas de valor no solo mejora la eficiencia en el uso de insumos agrícolas, sino que también impulsa la sostenibilidad económica y ambiental a lo largo del sistema productivo. Bajo este contexto, la FAO establece un enfoque estructurado para el desarrollo de cadenas de valor alimentarias sostenibles (DCVAS), basado en tres fases interrelacionadas que permiten diagnosticar, comprender y mejorar el rendimiento de la cadena (ver fig. **2-4**) (FAO, 2015):

1. Medición del rendimiento: Evaluar la cadena de valor en términos de eficiencia productiva y sostenibilidad, analizando su impacto económico, social y ambiental.

2. Comprensión del rendimiento: Identificar los factores estructurales que limitan la eficiencia de la cadena, incluyendo la relación entre actores y su interacción con el entorno.

3. Mejora del rendimiento: Diseñar estrategias de optimización basadas en una visión

compartida entre las partes interesadas, promoviendo sinergias y colaboración en toda la cadena

Este modelo permite abordar de manera integral los desafíos que enfrenta la cadena agroalimentaria, evitando intervenciones aisladas y promoviendo soluciones adaptadas a cada contexto. La implementación de estrategias circulares dentro de estas fases es clave para mejorar la trazabilidad, reducir desperdicios y fomentar la valorización de subproductos agrícolas. La integración de este marco en la economía circular no solo mejora la eficiencia del sistema productivo, sino que también fomenta la resiliencia del sector agroalimentario, asegurando beneficios sostenibles a largo plazo (FAO, 2015).

2.1.4. Transición a Cadenas de Suministro Sostenibles en Economía Circular

La transición hacia cadenas de suministro sostenibles dentro del marco de EC se ha definido como un proceso complejo pero necesario, el cual requiere un replanteamiento fundamental de las estrategias y operaciones con un enfoque integral. Por tanto, esta transición no solo implica la adopción de prácticas sostenibles a lo largo de la cadena, sino también de una integración de los principios de EC en todos los niveles de la organización junto con la colaboración de cada uno de los actores clave en la cadena de suministro (Hofstetter et al., 2021). En el marco de esta transición se exponen los siguientes componentes que son esenciales para asegurar que las cadenas de suministro además de ser sostenibles sean también resilientes y competitivas en un entorno global que está en constantes cambios (Allen et al., 2021):

- **Desarrollo de Proveedores y Gestión Multi-Nivel:** Promover el crecimiento de proveedores dentro de la cadena de suministro circular, no solamente hace referencia a mejorar su desempeño económico, sino de asegurar que todos los actores involucrados adopten prácticas sostenibles que contribuyan al objetivo global de la economía circular, mediante el desarrollo de capacidades entre los proveedores, de manera especial en economías emergentes, donde las barreras institucionales y la falta de infraestructura pueden obstaculizar significativamente la implementación de prácticas sostenibles (Seuring et al., 2022).Este enfoque asegura que los proveedores no solo cumplan con las normativas de sostenibilidad, sino que también se conviertan en socios activos en la promoción de la circularidad, cerrando el ciclo de vida de los productos a través de prácticas como la rediseño, reutilización y el reciclaje (Fundación Ellen Macarthur, 2019b).

- **Colaboración y Comunicación:** La colaboración y la comunicación son fundamentales para superar los desafíos que enfrentan las organizaciones al implementar prácticas de EC. Según (Allen et al., 2021) exponen la importancia de las tecnologías emergentes para superar estos desafíos, como el blockchain, dado que dentro de sus beneficios se

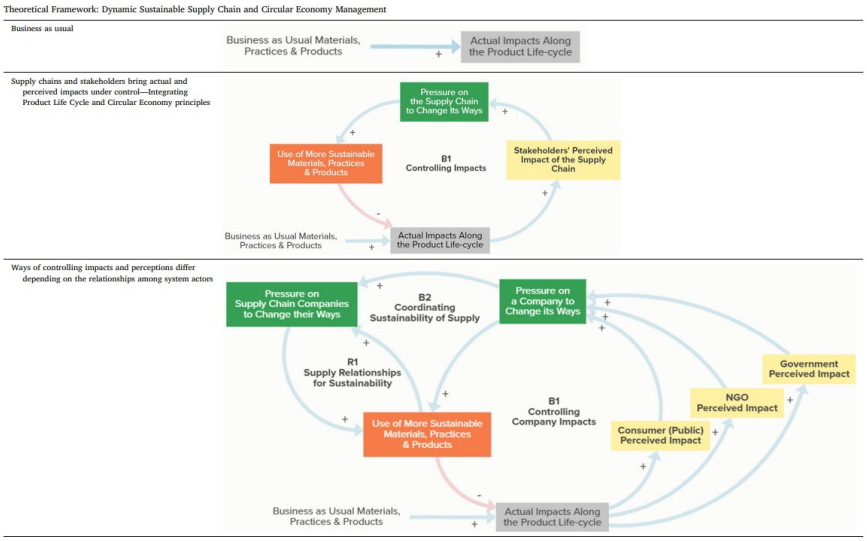


Figura 2-5.: Gestión dinámica de la cadena de suministro sostenible y de la economía circular

Fuente: (Allen et al., 2021, pg.8)

destaca permitir mejorar la transparencia y trazabilidad a lo largo de la cadena, lo cual permite una colaboración más efectiva entre todos los actores. Sin embargo, esta colaboración debe ir más allá de las relaciones tradicionales entre empresas, por lo que se debe ampliar y de esta manera incluir a ONGs, gobiernos y comunidades locales. Este enfoque multidimensional permite que la implementación de EC sea más integral, al abordar tanto aspectos económicos como los sociales y ambientales (Allen et al., 2021).Lo anteriormente expuesto se clarifica en el artículo mendiante la figura **2-5** , la cual proporciona un marco detallado que identifica y clasifica los diversos enfoques y prácticas que son indispensables para una implementación exitosa de la EC dentro de la gestión de la cadena de suministro, donde los elementos como la optimización de recursos, la colaboración interorganizacional y el uso de tecnologías emergentes,son esenciales para cerrar el ciclo de vida de los productos y minimizar los impactos ambientales (Allen et al., 2021).

- **Gestión de riesgos y desempeño sostenible:** La evaluación del ciclo de vida (LCA) y el análisis de sostenibilidad son herramientas fundamentales para poder mejorar la capacidad de adaptación a cambios regulatorios, económicos y ambientales, promoviendo de esta manera una resiliencia a largo plazo. Estos dos enfoques permiten a las empresas evaluar los impactos ambientales y sociales en cada etapa de la cadena de suministro, lo cual es primordial para desarrollar estrategias sostenibles a largo plazo. Donde para una adecuada gestión de riesgos en la cadena de suministro sostenible es primordial que se combine la resiliencia junto con la sostenibilidad (Hofstetter et al., 2021). Dado que la resiliencia se refleja como la capacidad de las organizaciones para

adaptarse rápidamente a los cambios, integrando la sostenibilidad como un eje central de la estrategia. La resiliencia organizacional no solo permite a las organizaciones enfrentar crisis, sino también aprovechar oportunidades emergentes en un entorno circular (Seuring et al., 2022)

- **Innovación en productos y servicios:** La innovación en productos y servicios es otro componente relevante, si bien estos son impulsados por avances tecnológicos, surge la necesidad de reconfigurar el modelo de negocio tradicional para lograr que estas innovaciones sean más efectivas en la transición hacia una EC. Por tanto, las organizaciones deben ir más allá de la lógica empresarial actual, orientándose en la creación de valor compartido y la sostenibilidad a largo plazo, en lugar de una rentabilidad financiera inmediata. Esta transformación incluye la regeneración de recursos y la reducción de impactos ambientales, lo que representa un esfuerzo por establecer un modelo económico que sea verdaderamente sostenible y equitativo a nivel global (Hofstetter et al., 2021). Finalmente, en lo referente a la fase de estructuración de las estrategias de EC para los procesos de innovación, se destaca la importancia de integrar a las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), ya que su inclusión es crucial para una adecuada implementación de EC en contextos globales, ignorarlas podría llevar a la fragmentación de la cadena de suministro y a la pérdida de oportunidades para optimizar la circularidad (Hofstetter et al., 2021).

2.2. Revisión de Literatura sobre Economía Circular en la Agricultura

En los últimos años, tal como se expuso anteriormente la economía circular (EC) ha surgido como un modelo alternativo a la economía lineal, de manera especial en la cadena de suministro agrícola, donde los desafíos ambientales, sociales y económicos son cada vez más evidentes. La revisión de literatura realizada explora una selección diversa de artículos que analiza las variables de EC desde un enfoque de la importancia de reconocer las practicas actuales, las barreras y desafíos de EC, y los beneficios de integrar las estrategias sostenibles para minimizar el desperdicio, reutilizar recursos, y regenerar los sistemas naturales.

En línea con lo anterior, esta sección presenta los resultados obtenidos de la revisión de literatura, su desarrollo se basó en utilizar elementos del protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), por tanto dentro de la metodología la fase inicial consistió en estructurar la ecuación de búsqueda (ver tabla **2-1**), seguidamente se realizó la búsqueda en la base de datos Scopus, donde resultó un total de 97 artículos. Seguidamente se efectuó la revisión de los títulos y abstracts, donde se excluyeron 56 artículos que no cumplían con los criterios de elegibilidad y 8 artículos que tenían

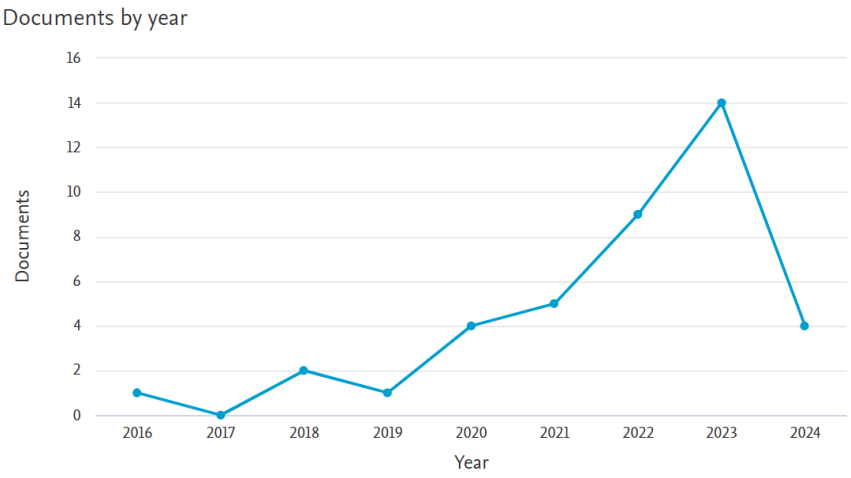


Figura 2-6.: Número de artículos por año
Elaboración propia con base a Fuente: (Scopus,2024)

acceso restringido. Es importante indicar que el número de artículos relacionados ha tenido una tendencia creciente, por lo que podríamos inferir un creciente interés por la temática abordada y un mayor número de investigadores que contribuyen a la producción científica (ver figura **2-6**).

Como se expuso anteriormente dentro del protocolo PRISMA , los criterios de elegibilidad de literatura consistieron en (Moher, 2021):

- Criterios de elegibilidad de la literatura: En lo relacionado con la elegibilidad la presente revisión de literatura se enfocó en el sector agroalimentario, economía circular, cadena de suministro y pérdida de alimentos. Se incluyeron artículos publicados en los últimos 10 años, es decir, desde 2014 hasta la fecha. Se consideraron artículos en inglés y español, se seleccionó artículos que podrían ser relevantes para cualquier país o región del mundo. Se incluyeron tanto estudios empíricos como revisiones sistemáticas y aquellos artículos disponibles en línea y con acceso gratuito o que pudieran ser obtenidos a través de una biblioteca académica.

Tabla 2-1.: Ecuación de búsqueda

TITLE-ABS-KEY: ((“Farmer” OR “agro” OR “agri”) AND (“circular model” OR “circular business” OR “circular economy” OR “circular”) AND (“value chain” OR “supply chain” OR “production chain”) AND (“food waste” OR “food loss”))

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, siguiendo esta metodología se obtuvo como resultado un total de (33) artículos, para su respectiva lectura y análisis de contenido, orientado a identificar las variables que

inciden en la viabilidad de la economía circular en la cadena de suministro priorizada en la Ciénaga de la Zapatosa-Cesar Colombia, lo anterior en el marco de dar respuesta a las preguntas de investigación (ver tabla **2-2**). En las siguientes subsecciones se expondrá : las practicas, las barreras y/o desafíos, los beneficios y el método con mayor recurrencia en el marco de la revisión de literatura realizada.

Tabla 2-2.: Preguntas de Investigación para la revisión de literatura

Pregunta General de Investigación
¿Cuáles son las variables que inciden en la viabilidad de la economía circular en la cadena de suministro del sector agrícola en la Ciénaga de la Zapatosa-Cesar?
Preguntas especificas de Investigación
• ¿Qué variables claves influyen en la viabilidad de economía circular en la cadena de suministro agrícola? • ¿Cuáles son las principales barreras y desafíos para la implementación de la economía circular en la cadena de suministro agrícola priorizada? • ¿Cuáles son los beneficios y practicas asociadas con economía circular para la cadena de suministro agrícola en comparación con modelo económico lineal?

Fuente: Elaboración propia

2.2.1. Prácticas y Desafíos de la Economía Circular en la Agricultura

En el marco de la revisión de literatura, la implementación de EC en la agricultura se expone como una estrategia que permite reducir la pérdida y desperdicio de alimentos (FLW), al optimizar el uso de recursos y fomentar la sostenibilidad en las cadenas de suministro agroalimentarias. Tal como se desarrollará en esta sección, se ha evidenciado diversas prácticas, las cuales han sido adoptadas en diferentes contextos, con enfoques que varían según las características de los sistemas agrícolas locales y las políticas ambientales. Sin embargo, la adopción de estas prácticas enfrenta diferentes desafíos que limitan su efectividad y escalabilidad (Borrello et al., 2016)

La interconexión entre desarrollo económico, social y la gestión eficiente de recursos como el agua, la energía y el suelo es primordial para el éxito entre las prácticas de EC en la agricultura. La Agenda 2030 y el ODS número 12 destacan la importancia de implementar modos de producción y consumo sostenibles, que no solo disminuyan el desperdicio alimentario, sino que también promuevan una gestión integral de los recursos naturales. Si bien

se proyecta que para 2030, el desperdicio alimentario mundial per cápita se reduzca a la mitad, lograr este objetivo es cada vez más ambicioso al reconocer que para cumplirlo es indispensable lograr una acción concertada en todos los niveles de la cadena agroalimentaria (Hernández, 2018).

En Europa, en cuanto a las políticas públicas orientadas sobre la reutilización del agua y la reducción del desperdicio alimentario están interrelacionadas, se destaca la Estrategia Europea para la Economía Circular y el Plan de Acción para la Economía Circular, las cuales son iniciativas que promueven la implementación de medidas para minimizar los residuos alimentarios en todas las etapas de la cadena de suministro. Estas políticas fomentan la implementación de tecnologías innovadoras para la reutilización de residuos y subproductos, la optimización de los procesos logísticos, y la sensibilización de todos los actores de la cadena sobre la importancia de la reducción del FWL (Hernández, 2018).

Dentro de los enfoques para abordar la FLW en la cadena de suministro agroalimentaria, identificados dentro de la revisión de literatura se destaca por ejemplo el expuesto en el artículo *"A circular capability framework to address food waste and losses in the agri-food supply chain: The antecedents, principles and outcomes of circular economy"*, este plantea la adopción del "Marco de Capacidades Circulares" , el cual es una propuesta de un marco conceptual con el fin de crear una guía práctica para que las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) implementen principios de EC, en torno a tres estrategias clave basadas en la *"Natural Resource-Based View"* (NRBV) (Ver figura **2-7**) definidas como: prevención de la contaminación (hace referencia a mejorar continuamente los procesos para eliminar desechos), gestión del producto (corresponde a la participación de las partes interesadas y la monitorización del mercado, lo cual permite gestionar el ACV de los productos para minimizar el FLW) y el Desarrollo sostenible (en el cual se destaca la innovación tecnológica y la colaboración social, orientada a optimizar económicamente los recursos y fomentar la responsabilidad social). Estas estrategias permiten que las organizaciones desarrollen y apliquen capacidades clave en áreas como la mejora continua, el compromiso ambiental, la gestión del producto y la innovación tecnológica, logrando de esta manera no solo reducir el FLW, sino también mejorar su competitividad, optimizar sus recursos económicos y contribuir a la sostenibilidad ambiental a largo plazo (Kusumowardani et al., 2022).

Por otra parte, otro enfoque que complementa estas estrategias es el concepto *Innovación Social Post-Mercado*, que se fundamenta en la creación de valor económico, social y ambiental, promoviendo de esta manera el *"Triple Balance"*, es decir, la generación simultánea de valor económico, bienestar social y sostenibilidad ambiental, lo anterior resaltando el papel crucial que tiene promover las comunidades y sus redes colaborativas, este enfoque dentro de EC en la agricultura es especialmente relevante. En la práctica agrícola, esto podría traducirse en la creación de asociaciones o cooperativas que reutilizan subproductos agrícolas,

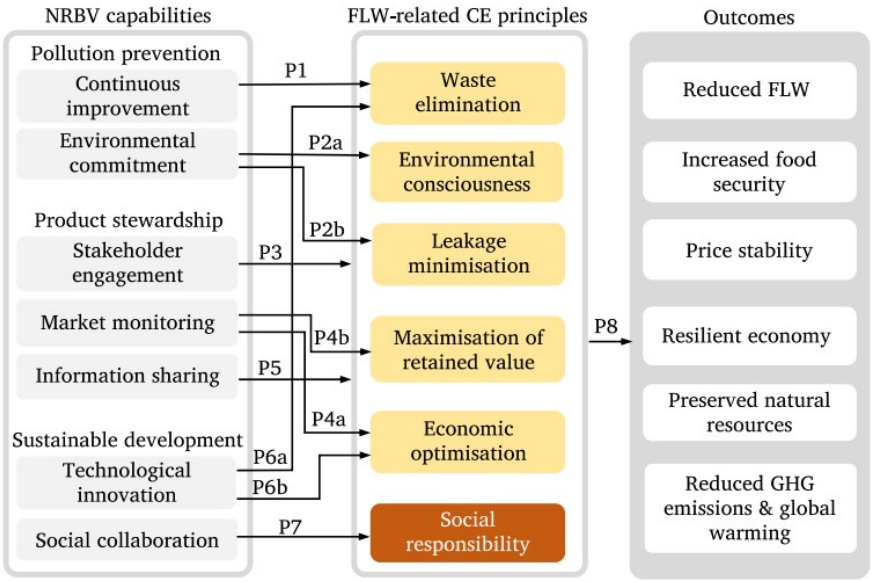


Figura 2-7.: Capacidad Circular para la aplicación de los principios de la EC para abordar la pérdida y el desperdicio de alimentos en las cadenas de suministro agroalimentarias.

Fuente: (Kusumowardani et al., 2022, pg.11)

en el desarrollo de tecnologías ajustadas para la agricultura de pequeña escala, y la implementación de sistemas de producción y consumo que prioricen el bienestar comunitario y la conservación ambiental, en donde es calve participación del Estado para hacerlos más sostenibles, inclusivos y escalables (Hernández, 2018).

En línea con lo anterior, dentro de la revisión de literatura las prácticas de EC en la cadena de suministro agroalimentaria con mayor recuerrencia , se destacan por un lado la **valorización de residuos y subproductos agrícolas** (Lugo et al., 2022);(Ricciardi et al., 2020);(Amicarelli et al., 2022);(Corrado y Sala, 2018). Como se menciona en el artículo *"Adopting the circular economy approach on food loss and waste: The case of Italian pasta production"*, exponen como referencia un caso de estudio en la cadena de producción de la pasta en Italia, en la cual han logrado que el 93.6 % de los FLW en su producción se reutilicen o valoricen en otras producciones, como alimento para animales, recuperación de energía, y compostaje, logrando de esta manera la reducción en la generación de residuos y el cierre de ciclos productivos dentro de la misma cadena de suministro. Este enfoque no solo disminuyó la presión sobre los recursos naturales, sino que además mejoró la sostenibilidad económica del sector, al generar valor a partir de materiales, que de otro modo hubieran sido desechados, dentro del cual se proyectó que por cada dólar invertido en la reducción de FLW, existió un ahorro aproximado de $14 dólares en costos operativos, sin embargo se evidencia un resago en el marco de FLW , dado que para el 2017, se estima que solo el 20 % de las 50 mayores compañías alimentarias del mundo tenían programas establecidos para reducir las

pérdidas y desperdicios alimentarios (Principato et al., 2019).

Otro ejemplo significativo en las prácticas de EC, es el **bioprocesamiento de residuos** (Sun et al., 2024);(Bhat et al., 2023);(Mapelli et al., 2022);(Klein et al., 2022).) . Según el artículo *"Bioprocessing to upcycle agro-industrial and food wastes into high-nutritional value animal feed for sustainable food and agriculture systems"*,la importancia de este proceso es lograr transformar desechos de bajo valor en alimentos para animales con alto valor nutricional. Este enfoque no solo mejora la calidad nutricional de los residuos, sino que también reduce la necesidad de tierras y recursos hídricos para la producción de nuevos cultivos, donde se estima que para la producción de alimentos para animales, particularmente el uso de granos y oleaginosas, contribuyen a aproximadamente el 50 % de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector ganadero. Así mismo se estima que el bioprocesamiento puede reducir hasta un 40 % el volumen de residuos generados en la cadena agroalimentaria, mejorando además la eficiencia en el uso de recursos en un 30 % (Bhat et al., 2023). Además, la aplicación de tecnologías de biorefinería, como la producción de bioplásticos a partir de residuos agrícolas, no solo reduce la acumulación de desechos, sino que también disminuye significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a los objetivos de neutralidad de carbono establecidos por la Unión Europea para 2050 (Mapelli et al., 2022).

No obstante, las prácticas asociadas a una adecuada y optima implementación de EC dentro del sector agrícola enfrentan barreras y desafíos importantes, las cuales se exponen de acuerdo con los diferentes enfoques. Por una parte, se expone la dificultad de contar con una adecuada infraestructura para el manejo y reciclaje de residuos, así mismo la alta perecibilidad de los materiales, y las posibles estrictas regulaciones sanitarias para su desarrollo ha limitado la capacidad de los productores para implementar los procesos de valorización (Ciccullo et al., 2021);(Dora et al., 2021);(Bhat et al., 2023);(Santeramo y Lamonaca, 2021);(Sun et al., 2024).

Además, la resistencia al cambio por parte de algunos actores y la falta de políticas (Rao et al., 2023);(Yontar, 2023);(Parsa et al., 2023); (Ciccullo et al., 2021;(Agnusdei et al., 2023);(Santeramo y Lamonaca, 2021), entre ellos se destaca el articulo *"Challenging the food waste hierarchy"* el cual menciona la importancia de políticas que promuevan la EC con un enfoque integrado del nexo entre agua-energía-alimentos, para que las misma sean realmente sostenibles (Parsa et al., 2023). Dado que sin unas políticas específicas que aborden todos los elementos podrían ser incluso contraproducentes. Un ejemplo de ello, es que si bien la valorización de desperdicios de alimentos es una estrategia valiosa dentro de la economía circular, su implementación sin un enfoque cuidadoso puede perpetuar, e incluso aumentar, la producción de desperdicios. Esta paradoja resalta una tensión crítica entre la necesidad de gestionar eficientemente los residuos existentes y la tentación de depender de ellos como insumo para nuevos productos (Rao et al., 2023).

Esta paradoja también es abordada por los autores (Parsa et al., 2023), los cuales basados en varios elementos como: revisión de literatura, el análisis del modelo de dinámica de sistemas (System Dynamics Model - SDM), y centrándose tanto en la huella de energía, agua y carbono (FEWC por sus siglas en inglés) como en varios hallazgos y proyecciones analizados de la gestión de residuos alimentarios en la ciudad de Bristol, Reino Unido entre el 2018 y 2030. Concluyen que para mitigar este riesgo, se deben establecer regulaciones que limiten la cantidad de desperdicios que pueden ser utilizados para la producción de *Productos de Excedentes con Valor Añadido* o por sus siglas en inglés *(Value-Added Surplus Product)* y fomentar prácticas que minimicen los excedentes desde la producción hasta el consumo, resaltando la pertinencia de tener politica con un enfoque integrado del nexo entre agua-energía-alimentos(Parsa et al., 2023). A manera de ejemplo, estrategias que parecen beneficiosas en un aspecto (por ejemplo, compostaje reduce residuos) pueden tener impactos negativos en otro (aumento en el consumo de energía o emisiones de carbono) contradiciendo de esta manera los objetivos de sostenibilidad a largo plazo, por lo que se evidencia que sin un análisis integrado del nexo FEWC, las políticas de economía circular pueden resultar ineficaces en otros componentes.

Como se expone en (ver figura **2-8**), la reducción y redistribución de residuos son las opciones más preferibles, ya que estas ofrecen beneficios en todas las dimensiones del nexo FEWC. Este resultado, contrasta con otras opciones como la del compostaje o la incineración, las cuales muestran compensaciones negativas en ciertas áreas (por ejemplo, mayor consumo de energía o emisiones de carbono). Por lo tanto, para optimizar las estrategias de economía circular, es crucial combinar la redistribución con medidas de reducción más amplias que aborden tanto los residuos comestibles como los no comestibles en todas las etapas de la cadena de suministro (ver figura **2-9**) (Parsa et al., 2023). Otra barrera identificada en la revisión de literatura es la relacionada con el déficit en innovación tecnológica, y la necesidad crítica de fortalecer la educación, la capacitación y la conciencia entre los productores para que adopten medidas preventivas y sostenibles (Rico Lugo, Kimita y Nishino, 2023);(Moraes et al., 2021);(Chen et al., 2020);(Amicarelli et al., 2022). La conexión entre estos componentes impactaría positivamente en la reducción de desperdicio y pérdida de alimentos dado que su deficiencia, en la medida que contribuye a que se tomen las mejores decisiones para evitar el deterioro y la pérdida de alimentos durante la producción, el transporte y el almacenamiento. Adicionalmente se menciona que es fundamental capacitar a todos los actores de la cadena haciendo mayor énfasis en los productores en el uso adecuado de nuevas tecnologías y herramientas para reducir pérdidas en la fase de almacenamiento y distribución (Moraes et al., 2021).

Finalmente, dentro de los desafíos y barreras expuestas para una adecuada implementación de EC identificadas en el marco de la revision de literatura, es la necesidad de fortale-

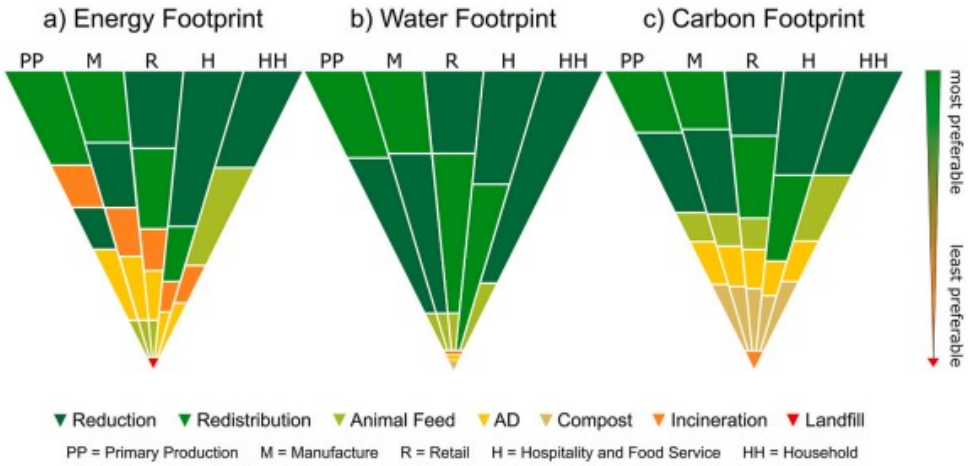


Figura 2-8.: Propuesta mejorada del esquema tradicional de jerarquía tradicional utilizada para gestionar los excedentes y residuos alimentarios

Fuente:(Parsa et al., 2023, pg.10)

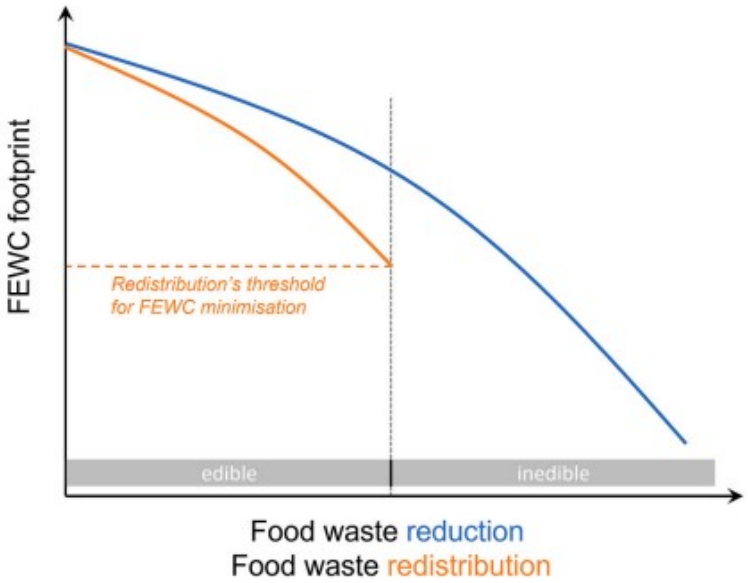


Figura 2-9.: Potenciales de Reducción y Redistribución de Residuos Alimentarios en la Cadena de Suministro

Fuente:(Parsa et al., 2023, pg.10)

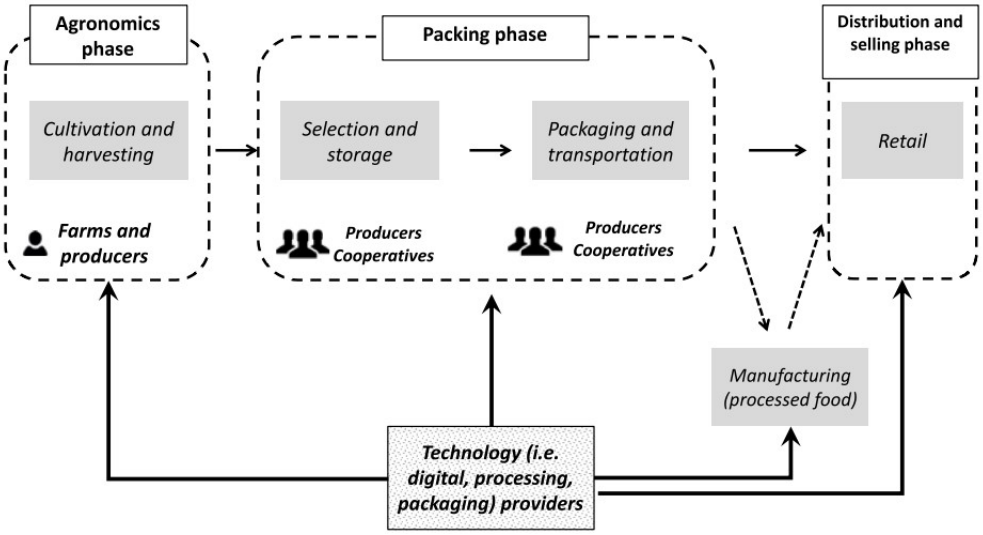


Figura 2-10.: Marco de referencia para la cadena de suministro de frutas y verduras. La adopción de tecnologías innovadoras a lo largo de la cadena agroalimentaria **Fuente:**(Ciccullo et al., 2021, pg.5)

cer la colaboración entre los actores de la cadena (Yontar, 2023);(Santeramo y Lamonaca, 2021);(Chen et al., 2020);(Amicarelli et al., 2022). Se expone como el desequilibrio de poder entre los actores de la cadena de suministro, dificulta una colaboración efectiva, haciendo que los eslabones más débiles de la cadena asuman mayores costos sin obtener las correspondientes compensaciones. Además, si bien las tecnologías avanzadas son primordiales para prevenir el desperdicio alimentario, requieren de una colaboración estrecha (ver figura **2-10**), debido a que las competencias necesarias para adoptar estas tecnologías no son comunes en la industria alimentaria. Se desglosa como estas relaciones colaborativas pueden tomar varias formas: desde la simple adopción de la tecnología con soporte técnico hasta la integración total de datos y el diseño conjunto (co-diseño) entre los actores. De acuerdo con los datos analizados en el artículo *"Implementing the circular economy paradigm in the agri-food supply chain: The role of food waste prevention technologies"* se confirma como las soluciones tecnológicas más exitosas son aquellas que permiten intervenir en las etapas tempranas de la cadena de suministro, como el monitoreo de cultivos y el uso de tecnologías de conservación. Dado que estas tecnologías permiten prevenir el desperdicio desde la fuente, en lugar de limitarse a gestionarlo una vez que ya se ha generado. Sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, para que estas tecnologías alcancen su máximo potencial, es crucial que se implementen bajo un modelo de colaboración estratégica, donde los riesgos, beneficios y conocimientos se compartan entre todos los actores (Ciccullo et al., 2021).

2.2.2. Beneficios en la adopción de Prácticas de Economía Circular

En lo relacionado con identificar los beneficios de una adecuada adopción de prácticas de EC en la cadena de suministro agrícola, se identificó en la revisión de literatura múltiples beneficios, tanto económicos como ambientales y sociales, los cuales son cruciales para la transición hacia un modelo de producción y consumo más sostenible. La EC se presenta como una solución viable para optimizar el uso de recursos y minimizar los residuos, respondiendo a las necesidades de sostenibilidad del sector agrícola (Bhat et al., 2023);(Lugo et al., 2022);(Dora et al., 2021);(Hernández, 2018), entre los que más se destacaron fueron:

- **Reducción de Pérdida y Desperdicio de Alimentos (FLW)**:Tal como se ha expuesto por varias organizaciones, el artículo *"Characteristics of decision process towards circular food economy: A review"* destaca que, a nivel global, un tercio de la producción de alimentos se pierde o se desperdicia, lo que genera aproximadamente 3.6 gigatoneladas de CO2 anualmente. Este dato resalta la urgencia de implementar estrategias efectivas de economía circular para reducir tanto el desperdicio como las emisiones asociadas (Rico Lugo, Du et al., 2023). La reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos (FLW) es uno de los beneficios más evidentes y significativos de la economía circular en la agricultura. Así mismo, en el artículo *"Measuring Food Loss and Waste Costs in the Italian Potato Chip Industry Using Material Flow Cost Accounting"*,la implementación de la contabilidad de costos de flujo de materiales (MFCA) en la industria de las papas fritas en Italia permitió reducir los costos asociados al FLW en un 22 %, lo que equivale aproximadamente a EUR 131 millones. Este ahorro no solo mejora la rentabilidad, sino que también refuerza la sostenibilidad del proceso productivo. Durante la pandemia de COVID-19, los costos de FLW aumentaron significativamente, lo que confirma la importancia de las prácticas de economía circular para mitigar los efectos adversos en tiempos de crisis (Amicarelli et al., 2022).

- **Co-creación y colaboración en la Economía Circular**: Otro de los aspectos fundamentales es la cocreación entre los diferentes actores involucrados, la cocreación definida como el proceso colaborativo en el que intervienen productores, procesadores, distribuidores, consumidores, y otros actores de la cadena trabajan conjuntamente para desarrollar soluciones innovadoras, orientadas a cerrar el ciclo de materiales y mejorar la sostenibilidad del sistema. Un ejemplo de ello, es como lo exponen (Rico Lugo, Du et al., 2023) tanto la reducción y redistribución de residuos, como la reutilización de materiales, y la valorización de subproductos están interconectados, por lo que es crucial que bajo estas prácticas se resalte la colaboración entre los actores de la cadena de suministro, para maximizar el uso eficiente de los recursos y minimizar el impacto ambiental(Rico Lugo, Du et al., 2023). La **2-11** ilustra los elementos clave de la EC en la cadena de suministro agroalimentaria, destacando la importancia de la cocreación entre los diferentes actores involucrados, se resalta como la cocreación no solo facilita

Figura 2-11.: Co-creación Economía Circular en el Sector Alimentario
Fuente:(Rico Lugo, Du et al., 2023, pg 6)

la adopción de nuevas tecnologías y prácticas sostenibles, sino que también asegura que las iniciativas de EC reciban el respaldo necesario para escalar y generar un impacto significativo (Rico Lugo, Du et al., 2023).

- **Innovación y Eficiencia Económica**: La adopción de EC impulsa la innovación en la cadena de suministro agrícola, orientada a optimizar el uso de recursos, fomentando de esta manera la eficiencia en toda la cadena de suministro (Rico Lugo, Du et al., 2023);(Moraes et al., 2021);(Rao et al., 2023);(Chen et al., 2020);(Amicarelli et al., 2023). Los autores (Rao et al., 2023) exponen como la integración de modelos de economía circular y tecnologías innovadoras como los algoritmos de optimización en la cadena de suministro agroalimentaria permiten optimizar la eficiencia económica. Esta afirmación basada en la aplicación expuesta por Gholian-Jouybari et al., 2023 exponen mediante un modelo de programación lineal y la implementación de algoritmos como el Multi-Objective Grey Wolf Optimizer (MOGWO) y el Multi-Objective Harris Hawks Optimization (MOHHSA), la optimización simultánea de múltiples objetivos, como el beneficio neto, la reducción de emisiones de CO, mientras aseguran la satisfacción del cliente. Estos algoritmos permitieron manejar la complejidad del modelo en las quince pruebas prácticas realizadas, en este caso en la soja. Como se concluye en el artículo validaron la capacidad del modelo para resolver problemas complejos de diversa escala, proporcionando soluciones eficientes tanto para redes pequeñas como grandes.Por lo tanto, esto lo convierte en una herramienta práctica y efectiva para

mejorar la competitividad de las empresas agroalimentarias mediante la reducción de costos, la mejora de la sostenibilidad y el cumplimiento de los objetivos ambientales (Gholian-Jouybari et al., 2023).

2.2.3. ANP en el marco de la Economía Circular

En el marco de análisis de la revisión de literatura en lo relacionado con los métodos para evaluar la implementación de EC, se evidenció con una ocurrencia directa la utilización del método ANP, la cual se expone como una herramienta eficaz para evaluar y priorizar factores críticos en la implementación de estrategias, en este caso de economía circular en la cadena de suministro agroalimentaria. Lo anterior, al ser una metodología de análisis de decisiones multicriterio que permite abordar problemas complejos al modelarlos en forma de una red, donde los diferentes elementos y criterios se agrupan en clústeres interconectados(Saaty, 2004). A diferencia de otros métodos, como el AHP, el ANP tiene la capacidad de capturar no solo relaciones jerárquicas, sino también las interdependencias e influencias mutuas entre los componentes del sistema. Esto proporciona una representación más realista de los problemas de decisión, ya que las interacciones pueden ser internas (dentro de un mismo clúster) o externas (entre distintos clústeres). Para modelar estas influencias, se emplean matrices de comparación que permiten identificar la fuerza de la relación entre los elementos, utilizando escalas que reflejan la intensidad de las influencias. El resultado de este proceso se sintetiza en una supermatriz que integra las prioridades establecidas para cada elemento, lo que facilita la evaluación global de las alternativas (Reina-Usuga et al., 2018).Este enfoque es relevante en el contexto de la digitalización y el manejo de desperdicios, donde la optimización de recursos es clave para la sostenibilidad (Agnusdei et al., 2023);(Yontar, 2023);(Perçin, 2022):

1. En el artículo "Digitalization as driver to achieve circularity in the agroindustry: A SWOT-ANP-ADAM approach.^{ex}pone la digitalización como un motor de la circularidad en la agroindustria, en el cual subraya el papel crucial de la digitalización en la promoción de la circularidad. Utilizando una combinación de análisis DOFA y ANP, el estudio identifica que los factores de fuerza relacionados con la digitalización, como la mejora de la eficiencia, productividad y calidad, son los más influyentes para impulsar la circularidad (Agnusdei et al., 2023). A continuación, se resumen los hallazgos más relevantes expuestos por los autores, con énfasis en las estrategias mejor clasificadas y su relevancia dentro del marco de la economía circular.

   En este contexto los autores (Agnusdei et al., 2023) combinaron el ANP con varias herramientas, bajo el siguiente proceso primero identificaron los factores críticos (Critical Factors, CFs) relacionados con la implementación de la circularidad a través de la digitalización en la agroindustria mediante el análisis DOFA, posteriormente se utilizó ANP para evaluar la importancia relativa de los CFs que se identificaron (ver tabla

2-3), entre proceso se construye una supermatriz de influencias que representa como se relacionan estos factores críticos entre sí, a las cuales se les asigna un peso de acuerdo con su importancia, de esta fase se obtuvo como resultado que las CFs con más relevancia son (Agnusdei et al., 2023):

- Fortaleza principal (S3): La mejora en la eficiencia, productividad y calidad a través de la digitalización fue identificada como el factor más importante para impulsar la circularidad, con un peso de 0.2032 (ver tabla **2-3**). Este resultado sugiere como la digitalización, al optimizar la gestión de recursos y reducir el desperdicio, es crucial para la economía circular en la agroindustria.
- Debilidad principal (W1): El alto costo de implementación de las tecnologías digitales fue identificado como la mayor barrera con un peso de 0.1369, (ver tabla **2-3**), lo que refleja la dificultad económica para que las organizaciones adopten tecnologías innovadoras que promuevan la circularidad
- Oportunidad (O4): La mejora en la resiliencia de las cadenas de suministro agroindustriales a través de la digitalización fue la oportunidad más influyente, con un peso de 0.0357 (ver tabla **2-3**). Esto muestra que las tecnologías digitales no solo mejoran la eficiencia, sino que también aumentan la capacidad de respuesta ante disrupciones, lo que es clave para la circularidad.
- Amenaza (T4): El riesgo de generar grandes cantidades de residuos electrónicos (WEEE) debido a la digitalización fue un aspecto destacado, lo que plantea un desafío ambiental dentro del marco de la economía circular, con un peso de 0.0281 (ver tabla **2-3**).

Tabla 2-3.: Pesos y clasificación de los factores críticos obtenidos a través del análisis ANP

Factor Crítico	**Peso**	**Clasificación**	**Factor Crítico**	**Peso**	**Clasificación**
S1	0.0866	4	O1	0.0327	9
S2	0.0495	7	O2	0.0289	11
S3	0.2032	1	O3	0.0282	12
S4	0.0578	5	O4	0.0357	8
S5	0.0315	10	O5	0.0174	18
W1	0.1369	2	T1	0.0199	16
W2	0.0903	3	T2	0.0206	15
W3	0.0245	14	T3	0.0197	17
W4	0.0172	19	T4	0.0281	13
W5	0.0522	6	T5	0.0136	20
			T6	0.0058	21

Fuente: Elaboración propia con datos de (Agnusdei et al., 2023,pg.7)

Finalmente, con base en los resultados obtenidos del análisis ANP de los factores críticos del DOFA, los autores generan alternativas estratégicas que abordarían estos factores, donde estas alternativas se relacionan con distintas formas de implementar la circularidad en la agroindustria, como incentivos económicos, digitalización de información, reciclaje de alta calidad, etc. Una vez definidas las alternativas estratégicas (ver tabla **2-4**), se vuelven a evaluar utilizando el ANP para determinar cuál de estas alternativas es la más efectiva, donde además aplican el método ADAM, una técnica matemática utilizada para evaluar y clasificar alternativas en un sistema de toma de decisiones multicriterio. De esta manera unificando estas dos herramientas el resultado final es un ranking de alternativas para implementar con éxito la circularidad, las estrategias mejor clasificadas son (Agnusdei et al., 2023):

- A7 - Recompensar productos por su desempeño en sostenibilidad : Clasificada en primer lugar con un volumen de 0.0171, esta estrategia propone vincular incentivos económicos a los productos con mayor desempeño en sostenibilidad. Su relevancia en la economía circular radica en que los incentivos económicos pueden ser un poderoso motor para estimular prácticas circulares en las empresas agroindustriales, promoviendo el uso eficiente de recursos y la reducción de desperdicios.
- A6 - Digitalización de la información del producto : Esta estrategia fue la segunda mejor evaluada con un volumen de 0.0157 . Facilita la transparencia y la trazabilidad de productos mediante etiquetas, proporcionando información útil a los consumidores sobre la sostenibilidad de los productos. En el contexto de la economía circular, esto es clave para aumentar la participación de los consumidores y fomentar decisiones de compra más sostenibles.
- A3- Remanufactura y reciclaje de alta calidad: Clasificada en tercer lugar con un volumen de 0.0153, esta estrategia destaca la importancia de promover prácticas de remanufactura y reciclaje mediante el uso de nuevas tecnologías, para reducir la dependencia de materias primas y promover la circularidad, aunque se expone como esta estrategia enfrenta mayores desafíos que las basadas en incentivos

2. El artículo *"Critical success factor analysis of blockchain technology in agri-food supply chain management: A circular economy perspective"* también expone el ANP junto con otras herramientas para evaluar y priorizar las estrategias en la aplicación de la tecnología blockchain en la cadena de suministro agroalimentaria. En este caso los (autores articulo) , exponen la metodología utilizada en este estudio (ver figura **2-12**), donde a través de un análisis PESTEL(Político, Económico, Social, Tecnológico, Ambiental y Legal), identifican los 12 factores críticos de éxito (FCE) donde el blockchain puede contribuir a la sostenibilidad y circularidad en este sector, tales como : a capacidad para prevenir el desperdicio de alimentos a través de la existencia de políticas gubernamentales para promover blockchain, la mejora en la seguridad alimentaria, la integración eficiente de la cadena de suministro y mayor trazabilidad, entre otros. En este estudio,

Tabla 2-4.: Alternativas y Descripción

Alternativa	**Descripción**
A1	Mejorar la eficiencia de los procesos, la productividad, el rendimiento y la rentabilidad
A2	Aumentar el contenido reciclado en el empaque y materiales de contacto con alimentos, asegurando su rendimiento y seguridad
A3	Habilitar la remanufactura y el reciclaje de alta calidad
A4	Reducir la huella de carbono y el impacto ambiental
A5	Incentivar modelos en los que los productores mantengan la propiedad del producto o la responsabilidad de su rendimiento durante todo su ciclo de vida
A6	Movilizar el potencial de la digitalización de la información del producto, incluidas soluciones como pasaportes digitales y etiquetado
A7	Recompensar los productos en función de su desempeño en sostenibilidad, incluyendo la vinculación de altos niveles de rendimiento con incentivos
A8	Restringir el uso único de materiales de contacto con alimentos (FCMs) y combatir su obsolescencia prematura

Elaboración propia con datos de (Agnusdei et al., 2023,pg.7)

el autor (Yontar, 2023) resalta el método ANP como elemento relevante al permitir modelar relaciones complejas entre los factores, considerando no solo sus influencias directas, sino también sus dependencias mutuas. Esto es especialmente relevante en el contexto de la economía circular, donde los factores sociales, ambientales, políticos y tecnológicos están estrechamente interrelacionados (autores articulo). Los resultados del ANP muestran el peso relativo de cada factor, lo que facilita el proceso de priorizar las estrategias para la adopción de blockchain en la agroindustria. Los factores principales que resultaron de este proceso fueron (Yontar, 2023) :

- Capacidad para prevenir el desperdicio de alimentos : Este fue identificado como el factor más importante, con un peso de 0.1648, destacando su relevancia en la reducción de residuos y el uso más eficiente de los recursos a lo largo de la cadena de suministro. Este elemento se resalta dado su objetivo de evitar el desperdicio de productos, donde el blockchain podría permite rastrear y gestionar el inventario en tiempo real, lo que reduce los excedentes de producción y minimiza las pérdidas de alimentos.
- Mejora de la seguridad alimentaria : Este factor con un peso de 0.152 subraya la importancia de la trazabilidad y la transparencia en la cadena de suministro para

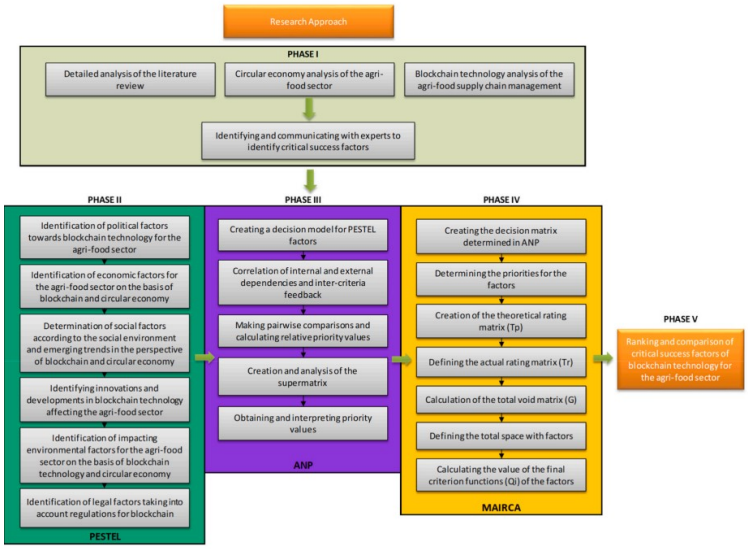


Figura 2-12.: Metodología para el análisis de factores críticos de éxito de blockchain de EC aplicado al sector agroalimentario
Fuente:(Yontar, 2023, pg 4)

garantizar productos más seguros y confiables, la posibilidad de detectar fraudes, rastrear el origen de los productos y auditar cada paso en la cadena es clave para mejorar la seguridad alimentaria, como también fomentar una mayor cooperación y transparencia entre los actores del sistema.

- Seguimiento del ciclo de vida del producto Este factor con un peso de 0.1080 se posiciona como un factor clave para la sostenibilidad, ya que permite un mejor control del impacto ambiente, por ejemplo mediante un seguimiento a la eficiencia. Este factor, a su vez es esencial para maximizar el tiempo de vida útil de los recursos, uno de los principios fundamentales de la economía circular, Al rastrear el ciclo de vida del producto, las empresas pueden optimizar sus operaciones, minimizando el impacto ambiental y aumentando la sostenibilidad de sus procesos.

Una vez obtenido los resultados de ANP, utilizan el método MAIRCA (Multi-Attributive Ideal-Real Comparative Analysis) con el objetivo de refinar los resultados y asegurar una clasificación más precisa de los factores críticos de éxito. Este enfoque permitió verificar que los factores como la capacidad para prevenir el desperdicio de alimentos, la seguridad alimentaria y el seguimiento del ciclo de vida del producto eran efectivamente los más relevantes para promover la circularidad en la agroindustria (Yontar, 2023).

3. En el artículo *"Evaluating the circular economy–based big data analytics capabilities of circular agri-food supply chains: the context of Turkey"* se expone el método ANP como parte de un enfoque de toma de decisiones multicriterio con el fin de evaluar las

capacidades de análisis de bigdata necesarias para implementar estrategias de circularidad en las cadenas de suministro agroalimentarias circulares (AFSCs) en Turquía. Los aurotes exponen el interés de tomar a Turquía en este estudio, principalmente por su condición de país en desarrollo, siendo el sector agrícola vital para la economía turca, pero que enfrenta múltiples desafíos entre los que se destaca como relevantes mejorar su sostenibilidad y productividad. Dado que Turquía, como muchos países en desarrollo, enfrenta serios desafíos ambientales, incluidos la degradación de los recursos naturales, el uso ineficiente de agua y tierra, y las emisiones de carbono. La estructura del ANP la basan en estos múltiples factores para asignar pesos a las diferentes capacidades y subcapacidades, destacando su importancia relativa en la mejora del desempeño dentro del marco de la economía circular (Perçin, 2022). A continuación, se exponen los principales resultados y conclusiones del estudio de las capacidades más relevantes identificadas a través del ANP:

- Gestión de la cadena de suministro (SCM): Esta capacidad obtuvo un peso de 0.2396, siendo la capacidad más influyente, indicando que una gestión eficiente y sostenible de la cadena de suministro es esencial para lograr la circularidad. Dentro de SCM, la subcapacidad más importante fue la sostenibilidad y resiliencia (peso de 0.0858), seguida de la colaboración con socios (0.0727) y la eficiencia operativa (0.0381). La alta puntuación de sostenibilidad y colaboración destaca la importancia de trabajar en red y resiliencia frente a desafíos como la seguridad alimentaria y la reducción de residuos. Estos elementos son vitales en Turquía debido a la vulnerabilidad de los sistemas alimentarios frente a factores como el cambio climático y la variabilidad en la producción agrícola.

- Capacidades organizacionales: Esta capacidad obtuvo el segundo puesto con un peso de 0.2208, dentro de las subcapacidades se obtuvo que el apoyo de la alta dirección obtuvo un peso de 0.0980, mientras que la preparación organizacional un peso de 0.0750 , estas fueron identificadas como esenciales para liderar la transición hacia la economía circular, de esta manera se reafirma la importancia de que los líderes impulsen el cambio hacia prácticas más sostenibles.

- Capacidades técnicas: Con un peso de 0.1517, las capacidades técnicas, especialmente la infraestructura de big data (0.1302), fueron clave para facilitar el análisis y la toma de decisiones en tiempo real. Esta subcapacidad es crucial para mejorar la eficiencia operativa al permitir a las empresas aprovechar grandes volúmenes de datos y convertirlos en información valiosa para la toma de decisiones estratégicas. Por ejemplo,en el caso de Turquía a pesar de que ha avanzado en el uso de tecnologías digitales, sigue existiendo una brecha significativa en la infraestructura de big data y tecnologías avanzadas en el sector agroalimentario. Esto limita la capacidad de las organizaciones para implementar tecnologías que puedan mejorar la productividad y la eficiencia. Así mismo, se resalta el papel de

los pequeños agricultores, dado que representan una parte importante del sector agroalimentario, pero a menudo quedan excluidos de las iniciativas tecnológicas. El estudio además señala que involucrar a estos productores en las estrategias de análisis de big data es fundamental para mejorar su participación en la economía circular y su capacidad de competir en el mercado global

2.3. Cierre de capítulo

La revisión de literatura ha permitido identificar diversas variables que inciden en la implementación de la economía circular en la cadena agroalimentaria. Estas variables están relacionadas con las prácticas productivas, los beneficios derivados de la circularidad y las herramientas de evaluación utilizadas para la toma de decisiones, todas ellas alineadas con la transformación estructural de las cadenas de valor y el enfoque del ciclo de vida.

Desde la perspectiva de las prácticas y desafíos en la economía circular, se destacan la valorización de residuos y subproductos agrícolas, así como el bioprocesamiento de residuos como estrategias fundamentales para cerrar los ciclos productivos y reducir la generación de desechos. Estas estrategias no solo inciden en la gestión eficiente de recursos, sino que también promueven la regeneración de los ecosistemas y el uso de insumos de manera más sostenible dentro del ciclo de vida de los productos agroalimentarios. Adicionalmente, la transición hacia cadenas de valor circulares implica el rediseño de sistemas productivos con un enfoque más resiliente, colaborativo y orientado a la eficiencia en la gestión de recursos a lo largo de toda la cadena de suministro.

Respecto a los beneficios asociados a la adopción de la economía circular, se identifican la reducción de pérdida y desperdicio de alimentos como una de las principales ventajas derivadas de la optimización de flujos materiales. De igual manera, la co-creación y la colaboración entre actores del sector agroalimentario han sido señaladas como mecanismos esenciales para fortalecer la resiliencia del sistema productivo y fomentar sinergias estratégicas. Por su parte, la innovación y eficiencia económica constituyen factores determinantes en la viabilidad de estos modelos, ya que promueven el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas orientadas a la optimización del uso de recursos.

Finalmente, en el ámbito de la evaluación de estrategias, se ha identificado el método de Análisis de Redes y Procesos (ANP) como una herramienta útil para analizar la interdependencia de variables dentro de la economía circular. Esta metodología permite priorizar factores críticos en la toma de decisiones, proporcionando un marco estructurado para evaluar la factibilidad de la implementación de estrategias circulares en contextos agroalimentarios específicos.

3. Metodología

3.1. Introducción al Diseño Metodológico

La presente sección detalla el enfoque metodológico adoptado en este estudio, la cual se fundamentó en una metodología estructurada en tres fases principales integrando enfoques cuantitativos y cualitativos (ver fig.**3-1**). La primera fase hace referencia al análisis del diagnóstico territorial, formulación y priorización de estrategias en el marco del proyecto del proyecto de regalías Ecorza SEPRO *"Desarrollo, transferencia de tecnología y conocimiento para la innovación para la reactivación económica y soberanía seguridad alimentaria derivadas de la emergencia económica, social y ecológica causada por el COVID-19 en ciénaga de la Zapatosa-Cesar" (Proyecto Ecorza-SEPRO)* , seguidamente la revisión de literatura sobre economía circular en el sector agroalimentario y por último la modelización de interdependencias mediante el Proceso Analítico en Red (ANP).

En la segunda fase, se desarrolló una exhaustiva revisión de literatura centrada en economía circular en el sector agroalimentario, con el objetivo de identificar las variables clave que influyen en la implementación de estrategias circulares. Esta revisión de literatura se llevó a cabo como parte de los objetivos expuestos en la presente investigación. A través de este proceso, analice modelos teóricos, enfoques metodológicos y casos de estudio relevantes, lo que permitió estructurar un marco conceptual de economía circular en cadenas de suministro agroalimentarias (expuestos en el capítulo 2).

Para la tercera fase, se integraron los insumos derivados de las fases anteriores para la estructuración del modelo ANP, una herramienta analítica que facilita la evaluación de relaciones de interdependencia entre estrategias y variables clave. La priorización de estrategias obtenida en la Fase 1 y las variables identificadas en la Fase 2 permitieron la construcción de una red de interacciones en la que se establecieron criterios y alternativas estratégicas para la implementación de prácticas de economía circular en la región de estudio (expuestos en el capítulo 4).

El desarrollo de las diferentes fases se desarrolló bajo diversas metodologías tanto las propias del Grupo de Investigación SEPRO , como Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana (IIRSA) dado su nivel de robustez para el análisis de la integración productiva y logística permitiendo de esta manera identificar barreras logísticas y oportu-

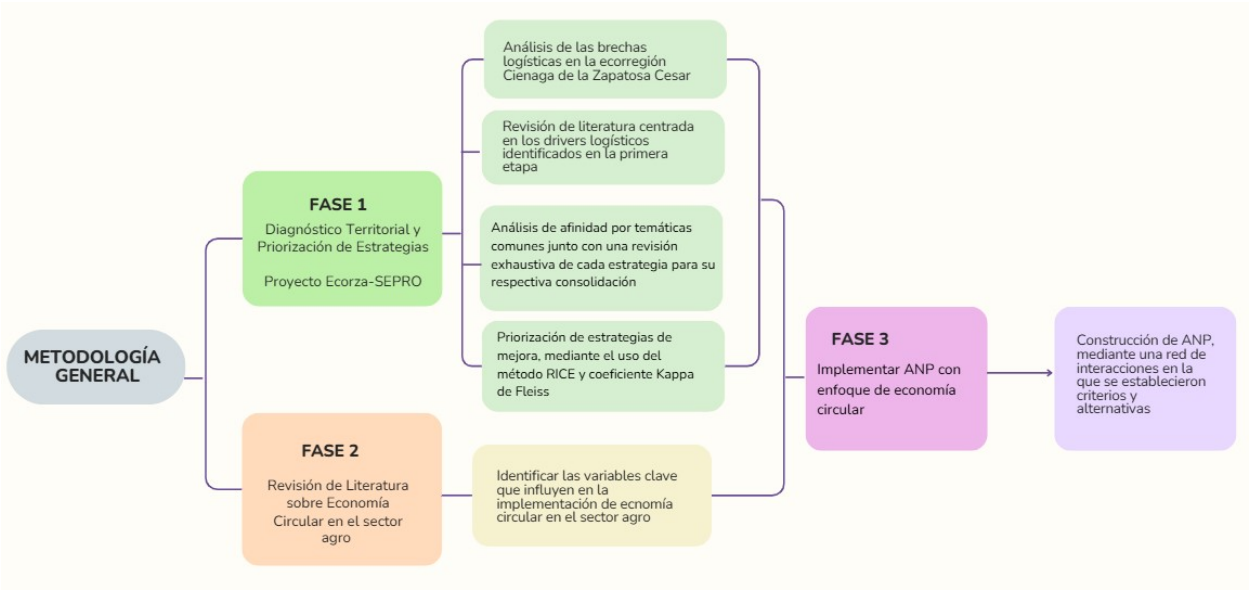


Figura 3-1.: Metodología General
Fuente: Elaboración propia con datos de (Ecorza y SEPRO, 2023b)

nidades de mejora en la región de la Ciénaga de la Zapatosa,Cesar, y FAO con el fin de obtener elementos claves de sostenibilidad ambiental y socioeconómica (Ecorza y SEPRO, 2023b);(IIRSA, 2012);(Van der Vorst et al., 2007).

3.2. Diagnóstico Territorial y Priorización de Estrategias

El diagnóstico territorial se llevó a cabo en cuatro etapas (ver figura**3-2**) con el propósito de identificar barreras y oportunidades en la cadena agroalimentaria de la Ciénaga de la Zapatosa : la formulación inicial de estrategias, la revisión del alcance, el consolidado de estrategias, y la priorización de estrategias empleando el método RICE, seguido de su validación mediante el coeficiente Kappa de Fleiss La primera fase del diagnóstico territorial se enfocó en analizar las problemáticas logísticas y las brechas que limitan la competitividad de la cadena de suministro agroalimentaria en la Ciénaga de la Zapatosa. Para ello, se utilizó una metodología mixta que integró fuentes de información primaria y secundaria, combinando análisis documental, entrevistas a actores clave y talleres participativos. La información secundaria incluyó informes sectoriales, planes de desarrollo logístico, y documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). El análisis permitió identificar brechas tanto a nivel macro como en el microentorno logístico, centrándose en seis drivers logísticos: institucionalidad y política pública, infraestructura, información y TICs, capital humano, procesos logísticos, y desempeño organizacional (Ecorza y SEPRO, 2023b);(IIRSA,

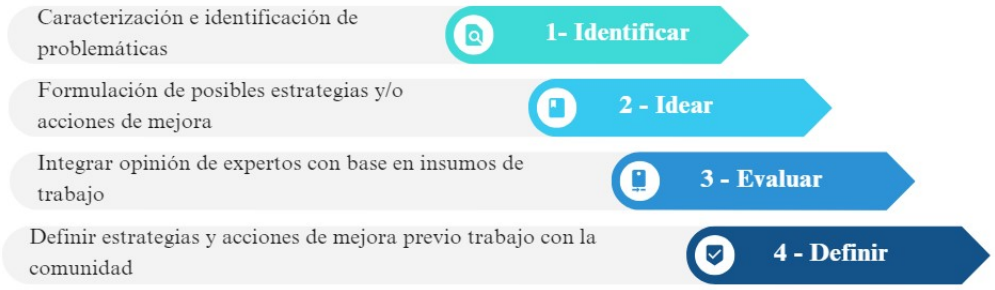


Figura 3-2.: Estructura lógica para la formulación de estrategias de mejora
Fuente: Elaboración propia con datos de (Ecorza y SEPRO, 2023b)

2012);(Tang et al., 2015).

- **Fases del Diagnóstico Territorial y caracterización**

  El diagnóstico territorial se estructuró en las siguientes fases metodológicas: en primer lugar en el análisis documental y caracterización de la cadena agroalimentarian el marco del proyecto Ecorza, SEPRO se realizó una revisión de informes sectoriales, documentos de política pública y estudios previos, con el fin de contextualizar el estado actual del sector agroalimentario en la región de estudio, posteriormente se efectúo recolección de información primaria mediante talleres participativos y entrevistas semiestructuradas con actores de la cadena de suministro agroalimentaria, incluyendo productores, transportistas y distribuidores, con el objetivo de identificar problemáticas y oportunidades desde la perspectiva de los actores involucrados. Una vez concluido este proceso se procedio con la formulación de estrategias de mejora, como resultado de la información recopilada, permitiendo formularar estrategias orientadas a mejorar la operación logística en la ecorregión de la Ciénaga de la Zapatosa. Estas estrategias fueron estructuradas en función de seis drivers logísticos clave (Ecorza y SEPRO, 2023b).

- **Priorización de Estrategias en el marco del proyecto Ecorza, SEPRO**

  La priorización de estrategias se realizó siguiendo un enfoque estructurado en dos etapas, las cuales consistieron en determinar la viabilidad y relevancia de cada estrategia formulada para posteriormente aplicar un proceso de evaluación en el que se utilizó el coeficiente Kappa de Fleiss, para asegurar que la priorización reflejara el consenso entre expertos (Ecorza y SEPRO, 2023b);(Trieflinger et al., s.f.).

  1. Evaluación de estrategias mediante el método RICE:

     Se aplicó el método RICE (Reach, Impact, Confidence, Effort) para clasificar las estrategias con base en su impacto esperado, alcance potencial, nivel de confianza en su efectividad y esfuerzo requerido para su implementación (ver tabla **3-1**(Ecorza y SEPRO, 2023b).

Tabla 3-1.: Criterios de Evaluación y su Puntuación-método RICE

Criterio	**Puntuación**	**Descripción**
Alcance	1 a 10	1 = Bajo alcance (muy pocos beneficiados); 10 = Gran alcance (enorme cantidad de beneficiados).
Impacto	0 a 3	3 = Impacto masivo; 2 = Impacto alto; 1 = Impacto medio; 0.5 = Impacto bajo; 0.25 = Impacto mínimo.
Confianza	0 a 100 %	100 % = Confianza alta; 80 % = Confianza media; 50 % = Confianza baja; menor a 50 % = Muy baja confianza.
Esfuerzo	1 a 10	1 = Mínimo esfuerzo requerido (mínimos recursos necesarios); 10 = Enorme esfuerzo requerido (gran cantidad de recursos necesarios).

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ecorza y SEPRO, 2023b)

Tabla 3-2.: Interpretación del Índice Kappa según Altman (1991)

Valor de K	**Fuerza de Concordancia**
<0,20	Pobre
0,21 - 0,40	Débil
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Buena
0,81 - 1,00	Muy buena

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ecorza y SEPRO, 2023b)

2. Validación de la priorización mediante Kappa de Fleiss:

   Una vez identificadas las estrategias a partir del diagnóstico territorial, se procedió a su priorización mediante un proceso basado en el consenso de expertos. Para ello, se aplicó el Coeficiente Kappa de Fleiss (ver tabla **3-1**), una metodología estadística utilizada para evaluar el nivel de concordancia en decisiones tomadas por múltiples evaluadores independientes. En esta etapa metodológica, cada estrategia fue evaluada de forma independiente por los expertos seleccionados, asignando puntuaciones que posteriormente fueron analizadas para determinar la consistencia del acuerdo entre los participantes. La implementación de este método permitió establecer un ranking de estrategias en función de su relevancia y viabilidad (Ecorza y SEPRO, 2023b;(Tang et al., 2015).

3.3. Implementación del Proceso Analítico en Red (ANP)

En esta sección se expondrá lo relacionado con la implementación de Proceso Analítico en Red (ANP) método seleccionado como el más adecuado para evaluar las interdependencias entre las variables clave para la implementación de la economía circular en la cadena de suministro agroalimentaria de la Ciénaga de la Zapatosa. Tal como se expuso en la revisión de literatura ANP, se expone como un método que permite modelar relaciones complejas, en las que las variables no solo influyen en las decisiones finales, sino que también interactúan entre sí, siendo de esta una herramienta robusta capaz de modelar relaciones recíprocas entre los criterios y alternativa.Por lo tanto, esta capacidad del ANP para manejar interdependencias entre variables lo hizo especialmente adecuado para este estudio, en comparación con el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), que gestiona relaciones lineales. Dado que la diferencia clave con el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es que el ANP permite evaluar relaciones bidireccionales, reconociendo que las variables no solo influyen en las decisiones finales, sino que también interactúan entre ellas, afectando mutuamente los resultados (Agnusdei et al., 2023);(Yontar, 2023);(Perçin, 2022);(Reina-Usuga et al., 2018).

Es importante precisar que el método ANP se basa en tres principios fundamentales que aseguran su robustez y validez: descomposición, juicios comparativos y composición jerárquica. El principio de descomposición permitió dividir el problema complejo (implementación de la economía circular) en varios subcriterios y nodos, facilitando una evaluación más detallada de cada variable. El principio de juicios comparativos se utilizó para hacer comparaciones entre los nodos, lo que permitió extraer las prioridades de cada criterio en función de su importancia relativa. Finalmente, el principio de composición jerárquica integró los resultados de los juicios comparativos para obtener un conjunto de prioridades globales que reflejan las variables más críticas para la implementación de la economía circular. Adicionalmente, el ANP se apoya en axiomas como la reciprocidad (los juicios deben ser consistentes), la sintetización (todos los juicios se integran para obtener un valor ponderado) y la expectativa (el modelo debe representar correctamente las relaciones entre variables). Estos principios garantizaron que el análisis fuera coherente y los resultados finales fueran consistentes con los objetivos planteados (Muñoz, 2017);(González Espitia, 2023).

El proceso realizado entorno a implementar ANP en SuperDecisions, se podria resumir principalmente en cuatro etapas fundamentales:

1. Descarga e instalación del software abierto SuperDecisions y estructuración del modelo:
    - El software SuperDecisions fue descargado desde la plataforma oficial de la Creative Decisions Foundation, organización que promueve la investigación y aplicación del ANP y AHP en la toma de decisiones estratégicas, esta organización fundada

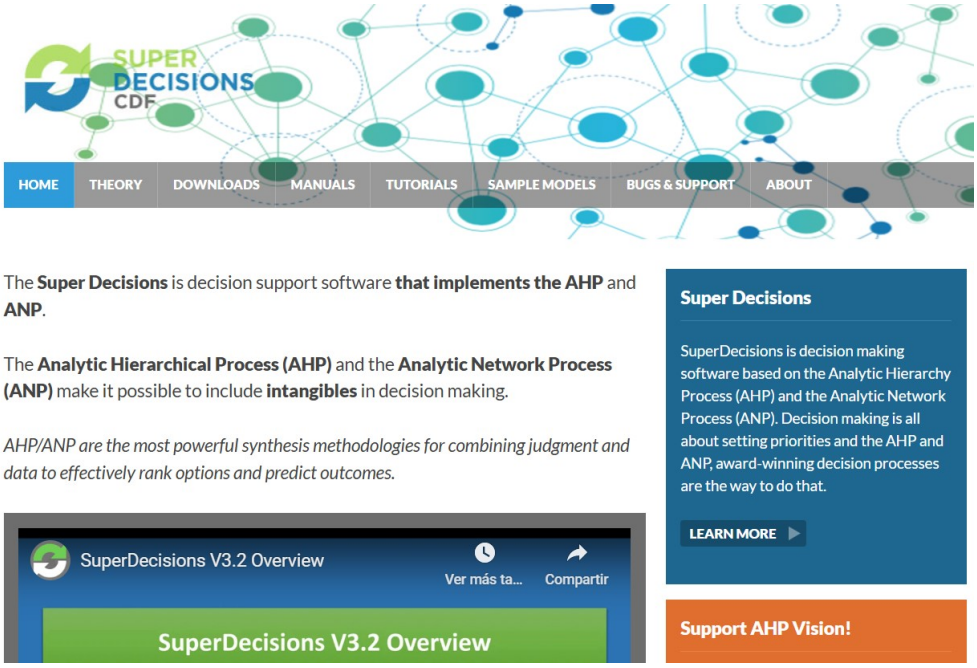


Figura 3-3.: Descarga SuperDecisions
Fuente: (Saaty, 2004, https://www.superdecisions.com/)

en 1996 por Thomas L. Saaty, creador del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y ANP, tiene como propósito fomentar la toma de decisiones racionales mediante herramientas avanzadas de análisis multicriterio (ver fig.**3-3**)

- La estructuración del modelo ANP se diseñó con base en los insumos obtenidos en las fases previas de la investigación. En primer lugar, la priorización de estrategias, derivada del análisis mediante el Coeficiente Kappa de Fleiss, proporcionó los insumo para generar las alternativas estratégicas a evaluar dentro del modelo. En segundo lugar, la revisión de literatura expuesta en el capítulo 2, permitió definir los criterios de evaluación y la generación de los nodos en cada uno de los cluster, asegurando que la modelización reflejara adecuadamente los factores clave en la transición hacia un modelo de economía circular . En lo que corresponde a la categorización se organizó en torno a la integración de los tres componentes del triple bottom line (TBL) en el marco del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental (ver fig.**3-4**) (Dao et al., 2011);(Chacón, 2019);(Reina-Usuga et al., 2018)

2. Generación del cuestionario de comparaciones pareadas (generada por el software SuperDecisions) y su respectiva aplicación a los participantes.

   El cuestionario generado por SuperDecisions constaba de 27 preguntas comparativas, las cuales se generan de forma automática y fraccionada, estos comparativo que genera

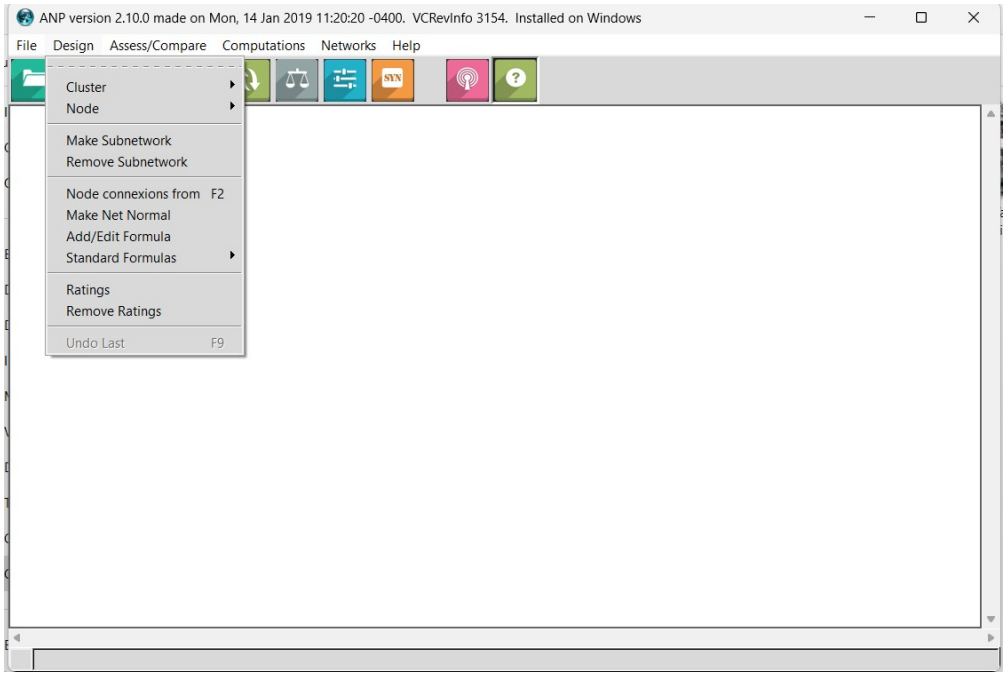


Figura 3-4.: Interfaz principal de SuperDecisions
Fuente: (SuperDecisions, pantallazo tomado el 11/08/2024)

el sotfware es para evaluar la importancia relativa de cada nodo dentro del modelo ANP. Las preguntas se organizaron en un formato estructurado en Excel, permitiendo su aplicación a un grupo de 11 participantes clave. Los 11 participantes se eligieron de acuerdo la con experiencia académica y profesional en economía circular, logística agroalimentaria y/o sostenibilidad (ver tabla **3-3**), garantizando un enfoque multidisciplinario en la evaluación. Cada experto respondió de manera autónoma las 27 comparaciones pareadas, siguiendo la escala de Saaty (1-9), donde valores más altos indicaban una preferencia fuerte de un nodo sobre otro (Saaty, 2004).

3. Ponderación de respuestas y procesamiento en SuperDecisions. Dado que SuperDecisions no permite ingresar respuestas individuales de múltiples expertos para un único resultado, se utilizó un enfoque de promedio simple para consolidar las respuestas del grupo de participantes, este método permitió integrar diversas perspectivas sin favorecer ninguna en particular y de esta manera minimizar sesgos, las respuestas fueron recopiladas de manera individual y posteriormente consolidadas mediante un proceso de ponderación basada en promedio simple (Ver fig. **3-5**). Es importante precisar que el método ANP se basa en tres principios fundamentales que aseguran su robustez y validez: descomposición, juicios comparativos y composición jerárquica. El principio de descomposición permitió dividir el problema complejo (implementación de la economía circular) en varios subcriterios y nodos, facilitando una evaluación más detallada de cada variable. El principio de juicios comparativos se utilizó para hacer comparaciones

NODO A	9	7	5	3	1 (Igual)	3	5	7	9	NODO B
Objetivo: Indentificar que variables permitirían implementar economía circular en la cadena de suministro de frutas y verduras en la Cienaga de la Zapatosa Cesar,										
EJEMPLO: ¿Qué considera más importante? Mejorar la infraestructura vial en las zonas rurales Si considera que la mejora la infraestructura vial es mucho más importante que mejorar la articulación entre centros de acopio y plazas de mercado, podría seleccionar 7 o 9 (en la franja azul).		X						X		EJEMPLO: Mejorar la articulación entre centros de acopio y plazas de mercado Si considera que mejorar la articulación los centros de acopio son mucho más importantes que la infraestructura vial podría seleccionar 7 o 9 (en la franja verde).
NODO A	9	7	5	3	1 (Igual)	3	5	7	9	NODO B
1. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										1. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores
2. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										2. Optimización logística y reducción de pérdidas
3. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										3. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible
4.Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores										4. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular
5. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores										5. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible
6. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular										6. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible
7. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										7. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores
8. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										8. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular
9. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores										9. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular
10. Creación de valor y resiliencia económica										10. Eficiencia de costos y rediseño de proceso
11. Gestión ambiental integrada y Conservación de ecosistemas										11. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular
12. Gestión ambiental integrada y Conservación de ecosistemas										12. Reducción de PDA
13. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular										13. Reducción de PDA
14. Creación de valor y resiliencia económica										14. Incentivos financieros y políticas públicas de apoyo
15. Capacitación y transferencia de conocimiento										15. Inclusión social y acceso a Infraestructura
16. Capacitación y transferencia de conocimiento										16. Integración y participación comunitaria
17. Inclusión social y acceso a Infraestructura										17. Integración y participación comunitaria
18. Gestión ambiental integrada y Conservación de ecosistemas										18. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular
19. Creación de valor y resiliencia económica										19. Eficiencia de costos y rediseño de proceso
20. Creación de valor y resiliencia económica										20. Incentivos financieros y políticas públicas de apoyo
21. Eficiencia de costos y rediseño de proceso										21. Incentivos financieros y políticas públicas de apoyo
22. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										22. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores
23. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										23. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible
24. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores										24. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible
25. Criterio ambiental										25. Criterio económico
26. Criterio ambiental										26. Criterio social
27. Criterio económico										27. Criterio social

Figura 3-5.: Cuestionario entregado a los participantes con base a SuperDecisions
Fuente: Elaboración propia

entre los nodos, lo que permitió extraer las prioridades de cada criterio en función de su importancia relativa. Finalmente, el principio de composición jerárquica integró los resultados de los juicios comparativos para obtener un conjunto de prioridades globales que reflejan las variables más críticas para la implementación de la economía circular. Adicionalmente, el ANP se apoya en axiomas como la reciprocidad (los juicios deben ser consistentes), la sintetización (todos los juicios se integran para obtener un valor ponderado) y la expectativa (el modelo debe representar correctamente las relaciones entre variables). Estos principios garantizaron que el análisis fuera coherente y los resultados finales fueran consistentes con los objetivos planteados (Muñoz, 2017);(González Espitia, 2023).

4. Generación de la supermatriz ponderada y análisis de sensibilidad por SuperDecisions. Una vez ingresadas las ponderaciones en SuperDecisions, se procedió con la creación de la matriz de Influencia que refleja las conexiones entre cada unos de los nodos y criterios, donde si hay conexión con el nodo toma valor (1), de lo contrario (0) (Saaty, 2004, y luego se procedió con la exportación de las diferentes matrices que genera el software SuperDecisions : la matriz no ponderada, la supermatriz ponderada y la supermatriz limitante. La validez del modelo fue garantizada mediante el monitoreo constante del índice de consistencia, que arroja el sistema en cada una de las preguntas compartavias, cuyo valor en el desarrollo de los diferentes comparativos se mantuvo por debajo del límite aceptable de 0.10. Esto asegura que las comparaciones realizadas entre nodos y alternativas son coherentes y reflejan los objetivos estratégicos identificados en el diagnóstico territorial, esta coherencia es fundamental para que los resultados del análisis ANP sean confiables y representativos(Saaty, 2004);(González Espitia, 2023)

3.4. Cierre del Capítulo

El presente capítulo ha detallado el enfoque metodológico adoptado en esta investigación, asegurando la coherencia entre la pregunta de investigación, los objetivos del estudio y los métodos utilizados para la evaluación de estrategias de economía circular en la cadena agroalimentaria de la Ciénaga de la Zapatosa. La metodología fue estructurada en tres fases principales, cada una con un rol específico.

El diagnóstico territorial y la priorización de estrategias, llevado a cabo en el marco del Grupo de Investigación ECORZA- SEPRO. Mediante la aplicación de técnicas de investigación cualitativa y cuantitativa, se caracterizó el contexto agroalimentario local, identificando brechas en la gestión de recursos y oportunidades para la adopción de modelos circulares. Con base en estos hallazgos, se formularon estrategias orientadas a la optimización de los sistemas productivos, las cuales tuvieron un proceso de evaluación estructurado a través de RICE y Coeficiente Kappa de Fleiss, con el objetivo de garantizar un alto grado de validez y consenso en la selección de estrategias prioritarias

Con el objetivo de complementar el análisis territorial, se llevó a cabo una revisión de literatura enfocada sobre economía circular en el sector agroalimentario. Este análisis permitió la identificación de variables clave y enfoques metodológicos, los cuales sirvieron como base para la posterior estructuración del modelo de evaluación de ANP.

Este capítulo ha permitido establecer una base metodológica rigurosa que sustenta el análisis de resultados expuesto en el siguiente capítulo. A través de la combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos, y la integración de métodos de análisis multicriterio, la investigación logra articular un proceso de evaluación que garantiza la validez de los hallazgos obtenidos. En el capítulo siguiente se presentan los resultados derivados de la priorización de estrategias y del análisis efectuado mediante ANP, permitiendo una interpretación detallada de los factores clave para la transición hacia un modelo de economía circular en el sector agroalimentario.

Tabla 3-3.: Perfil y Formación / Experiencia de los Participantes

Perfil	**Formación / Experiencia**
Productora Agropecuaria de Curumaní	Cultivadora de aguacate, yuca y plátano. Más de 20 años de experiencia en actividades agropecuarias.
Líder y Emprendedora del Sector Lácteo	Participante de los talleres Ecorza.
Ingeniero de Sistemas y Computación	Universidad Nacional de Colombia. Experiencia en educación popular y trabajo comunitario.
Ingeniero Agrónomo	Magíster en Geomática, Universidad Nacional de Colombia. Experiencia en Agrosavia.
Ingeniera Agrónoma	M.Sc. en Entomología. Especialista en Estadística Aplicada. Experiencia en ICA - Instituto Colombiano Agropecuario.
Estudiante Maestría Ingeniería Industrial	Experiencia en estructuración de metodología basada en la dinámica de sistemas para evaluar la sostenibilidad de proyectos.
Ingeniera Industrial	Universidad Industrial de Santander. Experiencia en docencia en Gerencia Estratégica.
Economista	Universidad Nacional de Colombia. Experiencia en trabajo con comunidades rurales, formulación de proyectos y procesos de participación y gobernanza.
Ingeniero Industrial	M.Eng., Universidad Nacional de Colombia. Experiencia en gestión de proyectos y consultoría en decisiones estratégicas de operación logística.
Cofundadora y Directora Ejecutiva	Empresa de compostaje.
Líder Social de la Región Caribe	Experiencia en organizaciones internacionales y proyectos sociales.

4. Resultados

4.1. Diagnostico territorial Ecorregión de la Ciénaga de la Zapatosa Cesar

En esta sección se presenta los resultados del análisis y priorización de estrategias en la cadena de suministro agroalimentaria de la Ciénaga de la Zapatosa. . La metodología implementada integró diversas fuentes de información, incluyendo revisión documental, entrevistas semiestructuradas y talleres participativos con actores clave del sector. Este enfoque permitió identificar, analizar y clasificar estrategias enfocadas en mejorar la eficiencia logística, fomentar la cooperación entre los actores de la cadena y fortalecer la planificación productiva en la región. Los resultados relacionados con la recopilación de información primaria, se exponen en los talleres participativos y en las entrevistas semiestructuradas (Ecorza y SEPRO, 2024):

- Talleres Participativos

Los talleres permitieron reunir diferentes actores de la cadena con el objetivo de identificar las problemáticas en cuanto a aspectos logísticos de los productores, sus posibles causas y consecuencias, fueron desarrollados en los siete municipios junto con algunos corregimientos adicionales, los cuales se encontraban en la zona de influencia del proyecto (ver fig. **4-1**). Los talleres permitieron ajustar las problemáticas en función de las necesidades específicas de la región y sus múltiples desafíos que afectan la operación logística de su cadena de suministro agropecuaria, los cuales se podrían estructurar en dos niveles: desafíos operativos, relacionados con las brechas logísticas directas, y desafíos contextuales, ligados a las condiciones institucionales, educativas y de infraestructura. En cuanto a la operación logística, se identifican brechas significativas en tres áreas clave: Aprovisionamiento donde los participantes de los diferentes municipios expusieron que la región carece de una infraestructura adecuada para el manejo de productos perecederos, como instalaciones de control de temperatura y almacenes que protejan los productos del deterioro. Además, se evidenció deficiencias en la infraestructura vial, lo cual limita el acceso eficiente a las zonas productoras, generando mayores costos y tiempos de transporte (Ecorza y SEPRO, 2023b).

Figura 4-1.: Evidencia Fotográfica de las dinámicas capturadas en los talleres participativos y entrevistas semiestructuradas
Fuente: Elaboración propia con datos de (Ecorza y SEPRO, 2023b)

Entre las conclusiones parciales obtenidas de esta primera fase, destaca la importancia de fortalecer la institucionalidad para mejorar la coordinación entre los actores de la cadena de suministro y las autoridades locales. También se identificó la necesidad de desarrollar capacidades locales en el uso de TICs y en la adopción de buenas prácticas logísticas. Estas apreciaciones sentaron las bases para el desarrollo de las estrategias de mejora que se formularían en las siguientes fases del proyecto (Ecorza y SEPRO, 2023b).

- Entrevistas semiestructuradas:

El cuestionario aplicado se estructuró en varias secciones temáticas, cada una de ellas orientada a recabar información específica sobre diferentes componentes de la cadena de suministro en la Ciénaga de Zapatosa, Cesar. Estas secciones incluyeron aspectos esenciales como : producción, almacenamiento, aprovisionamiento, distribución, procesos logísticos, tecnologías de información, trazabilidad e institucionalidad. Además, se incorporaron apartados específicos para analizar la infraestructura disponible y las relaciones entre los actores de la cadena, permitiendo un diagnóstico integral de las dinámicas logísticas en la región. Este enfoque estructurado aseguró la recopilación de información precisa y útil para la caracterización de

los actores y procesos involucrados (Ecorza y SEPRO, 2023b).

Estas entrevistas se realizaron en el periodo comprendido entre enero y julio de 2023, se logrando la aplicación del cuestionario a un total de **526 actores**, una cifra significativa que refleja el alcance y la solidez del trabajo de campo. La recolección de datos se realizó de manera presencial, permitiendo no solo obtener respuestas precisas, sino también facilitar la observación directa del entorno logístico. Debido a la falta de un censo actualizado sobre los actores de la cadena. Esta amplia cobertura permitió capturar perspectivas diversas y representativas de los diferentes roles desempeñados en la región, con la siguiente distribución de participación: Astrea 9,0 %, Chimichagua 6,5 % , Chiriguaná 16,5 %, Curumaní 21 %, El Paso 14,6 %, Pailitas 16,6 % y Tamalameque 17,3 % (ver fig.**4-2**). La selección de los encuestados no siguió un muestreo probabilístico, debido a la falta de un censo completo, sino que se priorizó el acceso a actores relevantes. Los datos recopilados proporcionaron una visión detallada sobre las dinámicas logísticas y socioeconómicas de la región (Ecorza y SEPRO, 2023b)..

Los actores entrevistados se agruparon en tres categorías generadores de carga, transportistas, y receptores de carga. La mayoría de los encuestados correspondían a generadores de carga (77.19 %), mientras que una proporción menor pertenecía a transportistas (3.99 %) y receptores de carga (16.35 %). Además, algunos participantes desempeñaban roles mixtos, destacándose la combinación de receptor y transportista . Los generadores de carga incluyen agricultores, ganaderos y pescadores, quienes constituyen la base de la actividad económica al producir bienes destinados al transporte y comercialización. Los transportistas conectan la producción con los puntos de distribución en este se incluyen diferentes actores como transportistas independientes, o agricultores que transportan su propia carga. Por último, los receptores de carga son intermediarios que reciben los productos para su comercialización o procesamiento. Aunque no siempre representan el punto final de la cadena logística, su rol es relevante en la configuración socioeconómica de la región. Estos hallazgos revelan la complejidad y los roles interdependientes dentro de la cadena de suministro agropecuaria de la región(Ecorza y SEPRO, 2023a);(Ecorza y SEPRO, 2023c)

Adicionalmente, durante la aplicación de las entrevistas se realizaron registros fotográficos, que complementan los datos recolectados, proporcionando una visión más detallada de las condiciones reales en que se desarrollan los procesos logísticos en los municipios analizados. Aunque este registro no se centró en productos específicos, ofrece evidencia valiosa sobre la infraestructura, el transporte y las dinámicas de comercialización, permitiendo identificar áreas críticas de mejora (Ecorza y SEPRO, 2023a).

Finalmente, en el marco de esta investigación, con base a estos hallazgos se expone el análisis de las cadenas de suministro de productos priorizados (yuca, plátano y cítricos). Esta selección responde, en primer lugar, dado que estas cadenas específicas fueron identificadas como relevantes durante el análisis de entrevistas semiestructuradas y adicionalmente como

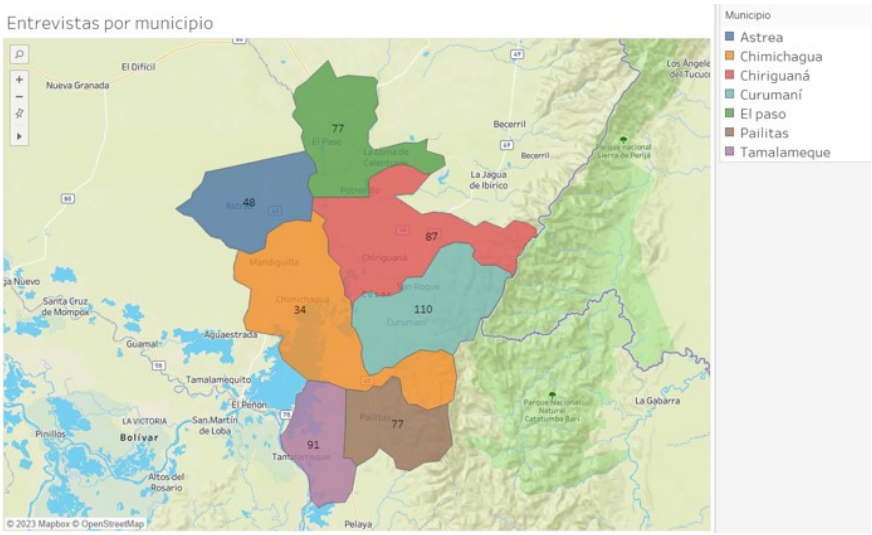


Figura 4-2.: Distribución total de las entrevistas realizadas en los siete municipios de influencia del proyecto
Fuente:(Ecorza y SEPRO,2022, pg.15)

se expuso en la introducción, de acuerdo con el DNP para el año 2016, en Colombia el 62.45 % de las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) provino del grupo de frutas y verduras, lo que subraya la importancia de intervenir en estas cadenas (DNP, 2016):

4.1.1. Análisis de la Cadena Agroalimentaria de la yuca

- **Contexto general y diagnóstico** La yuca es un cultivo fundamental en la Ciénaga de la Zapatosa, tanto por su relevancia en el consumo local como por el aporte económico que representa para las familias productoras. Los datos muestran que la mayoría de los agricultores ha cultivado yuca durante más de una década, manejando unidades productivas con un promedio de 2.29 hectáreas. La producción varía según el ciclo de cultivo, pudiendo cosecharse mensual, semestral o anualmente, con una media de 9,7 toneladas por ciclo. Sin embargo, estas actividades se ven afectadas por pérdidas que pueden alcanzar el 20 %, atribuibles principalmente a factores climáticos y la falta de planificación en la logística. Además, el 91.67 % de los productores no lleva un registro detallado de sus ingresos, y un 39.13 % tampoco hace un seguimiento de los costos, lo que genera dificultades en la gestión eficiente del proceso productivo (Ecorza y SEPRO, 2024).

- **Análisis de actividades clave y retos logísticos** El almacenamiento constituye una de las actividades más desafiantes dentro de la cadena de valor de la yuca. El 90 % de los agricultores almacena su producción en espacios dentro de sus propias fincas, aunque la mayoría lo hace de manera rudimentaria: el 72 % utiliza el suelo como super-

ficie de almacenamiento, mientras que solo el 2 % emplea estanterías. Estas prácticas limitan la conservación del producto, ya que el 45 % de las veces la yuca se almacena por menos de un día y apenas el 18 % consigue almacenarla entre uno y tres días. Por otro lado, el 70 % de los productores no realiza un control eficiente de inventario, lo que repercute en la optimización de los recursos. Los principales retos logísticos identificados incluyen la falta de control de la humedad (37 %) y la carencia de técnicas avanzadas de conservación, factores que aumentan el riesgo de pérdidas y deterioro durante el transporte.(Ecorza y SEPRO, 2024).

- **Oportunidades de mejora y estrategias sugeridas**

  Para fortalecer la cadena de suministro de la yuca, se destaca la necesidad de incorporar tecnologías de trazabilidad que permitan el seguimiento de los lotes desde la cosecha hasta su destino final. Esta medida contribuiría a una planificación más precisa y minimizaría las pérdidas por deterioro durante el transporte. Adicionalmente, se evidencia la importancia de incentivar la capacitación técnica de los productores en prácticas relacionadas con almacenamiento , control de calidad, compostaje para el aprovechamiento de los productos no aptos para el mercado, mejorando la fertilidad del suelo y fomentando prácticas alineadas con la economía circular, así como tambien la adopción de técnicas logísticas más eficientes. La creación de centros de acopio especializados se presenta como una opción estratégica para consolidar la oferta y garantizar condiciones óptimas de distribución. Por último, fomentar la coordinación entre los diferentes actores de la cadena, incluidos los transportistas y distribuidores, es clave para mejorar la eficiencia logística y ampliar la competitividad del producto en mercados más exigentes (Ecorza y SEPRO, 2024).

4.1.2. Análisis de la Cadena Agroalimentaria del Plátano

- **Contexto general y diagnóstico**

  La producción de plátano en la Ciénaga de la Zapatosa destaca por la amplia experiencia de los agricultores, con el 59 % de los productores dedicados a este cultivo durante más de una década, trabajando en promedio en 2.8 hectáreas por unidad productiva. Las cosechas varían en frecuencia, siendo comunes las quincenales, aunque también se reportan cosechas semanales y anuales. A pesar de esta dinámica, la cadena enfrenta pérdidas significativas que promedian un 20.64 %, influenciadas por las condiciones deficientes de las vías y una planificación logística limitada (Ecorza y SEPRO, 2024).

  Otro factor crítico es la falta de gestión financiera. El 94.74 % de los productores no lleva un registro formal de sus ingresos, y un 31.37 % no registra los costos asociados, lo que complica la toma de decisiones estratégicas. Cuando se registran costos, estos se limitan principalmente a insumos y jornales, mientras que rubros importantes como

maquinaria y almacenamiento tienden a ser ignorados, afectando la sostenibilidad del cultivo (Ecorza y SEPRO, 2024).

- **Actividades de almacenamiento y gestión logística** El almacenamiento representa un desafío significativo en la cadena del plátano. El 49 % de los productores almacena su producción por menos de un día, mientras que solo el 17 % logra mantener el producto entre uno y tres días. Esto refleja la necesidad urgente de vender el plátano rápidamente, dada su corta vida útil, que oscila entre 5 y 9 días. Las prácticas de almacenamiento son limitadas: el 52 % de los agricultores coloca el plátano directamente en el suelo, el 10 % lo organiza en estibas, apenas el 2 % usa estanterías, y el 36 % lo almacena en trojas (Ecorza y SEPRO, 2024).

  Durante el almacenamiento, el 77 % de los productores reporta niveles de desperdicio entre 0 % y 5 %, pero un 23 % no controla la caducidad del producto, lo que genera mermas adicionales. Cuando el plátano vence, las acciones más comunes son desecharlo (48 %) o donarlo (27 %), lo que evidencia la necesidad de prácticas más eficientes en la gestión de inventarios (Ecorza y SEPRO, 2024).

- **Comercialización y transporte** La comercialización del plátano se realiza mayoritariamente dentro del mismo municipio (76 %) o en localidades cercanas (22 %). Los agricultores prefieren vender en bultos como unidad de empaque, aunque también utilizan racimos, canastillas o venden al granel. Para el transporte, la mayoría recurre a vehículos propios o del comprador, con una baja adopción de vehículos compartidos(Ecorza y SEPRO, 2024).

  La gestión de inventarios es limitada, ya que el 71 % de los productores carece de sistemas formales, confiando en la verificación visual (67 %) como método principal. Solo el 5 % de los agricultores utiliza etiquetas o marcas para identificar los lotes, mientras que el 33 % de los transportistas aplica controles de rastreo durante el traslado del producto. Esta escasa trazabilidad representa un obstáculo para asegurar la calidad y seguridad del plátano en toda la cadena de suministro (Ecorza y SEPRO, 2024).

- **Oportunidades de mejora y recomendaciones** Optimizar la cadena del plátano en la región implica diversas oportunidades. La adopción de tecnologías de trazabilidad es fundamental para mejorar el control de inventarios y minimizar las pérdidas. También es prioritario capacitar a los agricultores en buenas prácticas de almacenamiento y conservación, promoviendo el uso de estanterías y ambientes controlados para prolongar la vida útil del producto.Al igual que la yuca, dado que los productos son desechados seria importante promover el compostaje para el aprovechamiento de los productos no aptos para el mercado, mejorando la fertilidad del suelo y fomentando prácticas alineadas con la economía circular, De igual manera, se evidencia la importancia de poder contar con ambientes controlados para extender la vida útil del producto. La

creación de centros de acopio sería otra estrategia efectiva para consolidar la oferta y mejorar la distribución en mercados más amplios (Ecorza y SEPRO, 2024).

La creación de centros de acopio especializados podría consolidar la oferta y facilitar una distribución más eficiente hacia mercados más amplios. Asimismo, es esencial controlar la humedad y la temperatura durante el transporte, ya que los mayores daños al plátano ocurren por golpes y tiempos de traslado prolongados. Finalmente, la implementación de planes logísticos más eficientes y la formación de alianzas estratégicas entre productores y transportistas mejorarían la competitividad del plátano en la región, favoreciendo su sostenibilidad en el largo plazo (Ecorza y SEPRO, 2024).

4.1.3. Análisis de la Cadena Agroalimentaria de los cítricos

- **Contexto general y diagnósticos** La producción de cítricos en la Ciénaga de la Zapatosa se caracteriza por la experiencia consolidada de los agricultores, con el 58 % de los productores dedicados a este cultivo por más de una década, trabajando en un promedio de 4.61 hectáreas. Las cosechas se realizan con distintas frecuencias, siendo las semestrales las más representativas. A pesar de este desarrollo, se registra una pérdida del 19,76 % de la producción, lo que plantea un reto significativo para la sostenibilidad de la cadena de suministro. Un aspecto crítico es la falta de gestión financiera formal. El 87,5 % de los productores no lleva registro de sus ingresos, mientras que el 43,75 % tampoco realiza un seguimiento de los costos. Aquellos que sí registran costos se concentran en insumos, jornales y transporte, pero omiten factores esenciales como el mantenimiento y almacenamiento. Esta carencia de control financiero reduce las oportunidades de mejorar la eficiencia y la competitividad del cultivo(Ecorza y SEPRO, 2024).

- **Almacenamiento y gestión de inventario** El almacenamiento de cítricos enfrenta importantes limitaciones. En el 63 % de los casos, los productos se almacenan por menos de tres días debido a su perecibilidad, lo que obliga a una venta rápida. La infraestructura disponible es rudimentaria: el 40 % de los productores utiliza el piso como superficie de almacenamiento, otro 40 % recurre a estibas, y solo el 20 % emplea estanterías, lo que incrementa el riesgo de deterioro.En términos de medidas sanitarias, un 67 % de los productores realiza limpieza rutinaria, mientras que el 17 % emplea fumigación y otro 17 % no aplica ninguna medida específica. La gestión de inventarios es limitada, ya que apenas el 22 % de los actores lleva un control formal, mientras que el resto se basa en registros manuales o verificación visual, aumentando la probabilidad de pérdidas por una gestión inadecuada (Ecorza y SEPRO, 2024).

- **Distribución y comercialización** La comercialización de los cítricos se enfoca principalmente en mercados locales y regionales. El 37 % de los productores vende dentro del municipio, mientras que un 34 % lo hace en localidades cercanas. Las formas de

venta más utilizadas son la venta a granel (43,75 %) y en canastilla (37,5 %). Para el transporte, se emplean principalmente camiones tipo turbo o camiones sencillos, adecuados para distancias cortas pero con limitaciones para acceder a mercados de mayor escala. El deterioro del producto durante el transporte es un problema recurrente. Las principales causas identificadas son el golpeteo (35,29 %) y la perecibilidad por el paso del tiempo (25,49 %). Algunos productores han implementado medidas de control de temperatura (31,58 %), ventilación (26.32 %) e iluminación (26 %) durante el almacenamiento y transporte, aunque estas prácticas aún no están completamente extendidas(Ecorza y SEPRO, 2024).

- **Oportunidades de mejora y estrategias recomendadas** La cadena de suministro de cítricos presenta múltiples oportunidades de optimización. La adopción de tecnologías de trazabilidad y sistemas digitales de gestión de inventarios podría mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas. La creación de centros de acopio facilitaría la consolidación de la oferta y permitiría acceder a mercados más amplios, al tiempo que contribuiría a extender la vida útil del producto. Es fundamental promover la capacitación de los productores en buenas prácticas de manejo postcosecha y conservación, así como fomentar la adopción de técnicas avanzadas para el transporte y almacenamiento. La formación de alianzas estratégicas entre productores y distribuidores sería clave para optimizar la logística y garantizar la competitividad del producto en mercados regionales y nacionales(Ecorza y SEPRO, 2024).

4.2. Priorización de Estrategias de mejora en la Ecorregión de la Ciénaga de la Zapatosa Cesar

El proceso de priorización de estrategias para la optimización de la cadena agroalimentaria en la Ciénaga de la Zapatosa se desarrolló de manera sistemática para identificar las alternativas más viables y estratégicas en función de su impacto y aplicabilidad. Inicialmente, se estructuraron en 48 estrategias agrupadas (ver anexo), las cuales fueron revisadas y consolidadas en función de su afinidad temática, lo que permitió consolidar en 25 estrategias (ver anexo). Este proceso se fundamentó en el análisis de brechas logísticas, la revisión de literatura y la integración de enfoques metodológicos orientados a la mejora de la cadena de suministro en la región(Ecorza y SEPRO, 2023c).

Con estas 25 estrategias consolidadas (ver anexo c), se aplicó el método RICE, con la participación de seis expertos en logística, y gestión de cadenas de suministro (ver tabla **4-1**). Este método permitió evaluar cada estrategia con base en cuatro criterios: alcance, impacto, confianza y esfuerzo, facilitando la jerarquización objetiva de las alternativas. Posteriormente, para validar la concordancia en la evaluación de las estrategias y garantizar la coherencia

en la priorización, se aplicó el coeficiente Kappa de Fleiss, el cual reflejó niveles de acuerdo moderados a altos, con valores entre 0.52 y 0.77 (Ecorza y SEPRO, 2023c).

Tabla 4-1.: Perfiles de expertos consultados

Experto	**Perfil**
1	Ingeniero civil, magíster en ingeniería industrial y experiencia de más de 8 años en proyectos de logística. Experto en infraestructura logística.
2	Ingeniera química, magíster en ingeniería industrial y estudiante de doctorado en ingeniería.
3	Ingeniero industrial y Ph.D. en ingeniería. Profesor UNAL, experto en modelado y simulación de cadenas de suministro.
4	Ingeniera, magíster y Ph.D. en ingeniería industrial. Experta en logística agroalimentaria.
5	Ingeniera industrial, magíster en logística integral, magíster en ingeniería avanzada de producción y cadena de suministro, especialización en logística integral y Ph.D. en ingeniería. Experta en gestión organizacional en cadenas de suministro.
6	Química, magíster en química y Ph.D. en agroecología. Experta en gestión comunitaria, social y agroecológica en cadenas de suministro.

Fuente: Elaboración propia con datos de(Ecorza y SEPRO, 2023b, pg.57)

Los resultados de este proceso permitieron priorizar seis estrategias clave (ver tabla **4-2**), distribuidas en diferentes ámbitos estratégicos de la cadena agroalimentaria. Una de las estrategias más destacadas fue el fortalecimiento de alianzas público-privadas, reflejando la necesidad de consolidar redes de cooperación entre actores gubernamentales y privados para mejorar la eficiencia logística y la sostenibilidad del sector agroalimentario. Asimismo, la formación en gestión logística como una acción fundamental, dado que la optimización de los procesos de distribución y comercialización requiere el fortalecimiento de capacidades técnicas y operativas entre los actores involucrados (Ecorza y SEPRO, 2023c).

Otro hallazgo relevante fue la implementación de plataformas digitales para la trazabilidad y gestión de la cadena de suministro, lo que permitiría mejorar la eficiencia operativa y reducir la incertidumbre en la comercialización de productos agroalimentarios. En términos de infraestructura, se identificó la necesidad de modernizar los centros de acopio, garantizando condiciones óptimas de almacenamiento y distribución para minimizar pérdidas postcosecha y mejorar la competitividad del sector(Ecorza y SEPRO, 2023c).

Desde la perspectiva logística, la promoción de cadenas cortas de comercialización se priorizó

Tabla 4-2.: Estrategias seleccionadas por Driver o Categoría

Driver / Categoría	**Estrategia seleccionada**
INSTITUCIONALIDAD Y POLÍTICA PÚBLICA	Colaboración público-privada mediante la creación de alianzas público-privadas y el fortalecimiento de las redes de cooperación
CAPITAL HUMANO	Desarrollo de habilidades mediante programas de formación y capacitación en la gestión de la cadena de suministro
INFORMACIÓN Y TIC	Tecnologías digitales y gestión de la cadena de suministro mediante una plataforma digital integral
INFRAESTRUCTURA	Diseño de centros alimentarios modernos y eficientes para recolectar, distribuir y comercializar
PROCESOS LOGÍSTICOS	Producción local y sostenibilidad mediante cadenas cortas de comercialización Registro de costos y trazabilidad mediante modelos de costeo y seguimiento
CARACTERÍSTICAS ORGANIZACIONALES	Modelos de negocio que articulen los operadores logísticos con proveedores y productores

Fuente: Elaboración propia con datos de(Ecorza y SEPRO, 2023b, pg.60)

como una estrategia clave para fortalecer el comercio directo entre productores y consumidores, eliminando intermediarios innecesarios y asegurando precios más justos. Finalmente, la implementación de modelos de negocio colaborativos para integrar operadores logísticos con productores y distribuidores se destacó como una alternativa viable para mejorar la eficiencia en la cadena de suministro y reducir costos operativos (Ecorza y SEPRO, 2023c).

El proceso de priorización reflejó la importancia de integrar estrategias que fortalezcan la gobernanza, la digitalización, la capacitación, la infraestructura y la eficiencia logística, asegurando un impacto positivo en la competitividad del sector agroalimentario. La aplicación de herramientas cuantitativas y cualitativas permitió una selección estructurada y fundamentada de las estrategias, estableciendo una hoja de ruta clara para la transformación de la cadena de suministro en la región (Ecorza y SEPRO, 2023c).

- Estrucutración de los Criterios:
    1. En el ámbito económico, los nodos principales incluyeron variables como la creación de valor y resiliencia económica, que refleja la capacidad de los actores para generar ingresos sostenibles a través de la adopción de prácticas circulares. También se consideró la eficiencia de costos y rediseño de procesos, que evalúa el uso eficiente de los recursos y la optimización operativa para reducir costos. Finalmen-

te, el nodo de incentivos financieros y políticas públicas de apoyo se incluyó para reflejar el acceso a financiamiento y las políticas que facilitan la implementación de la economía circular.

2. En el ámbito social, se establecieron nodos relacionados con la capacitación y transferencia de conocimiento, enfocada en el desarrollo de competencias técnicas para implementar modelos circulares. El nodo de inclusión social y acceso a infraestructura enfocado en evaluar la accesibilidad de los actores locales a los recursos necesarios para adoptar estas prácticas. Por último, el nodo de integración y participación comunitaria se centró en la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones y la implementación de las prácticas circulares

3. En el ámbito ambiental, los nodos clave incluyeron la gestión ambiental integrada y conservación de ecosistemas, que evalúa la capacidad de los actores para reducir el impacto ambiental. También se abordó la optimización logística y reducción de huella de carbono, que considera cómo la mejora en los procesos logísticos puede reducir el uso de combustibles fósiles y minimizar las emisiones de carbono. Por último, el nodo de reducción de pérdida y desperdicio de alimentos (PDA), enfocado en minimizar la pérdida de alimentos y fomentar la reutilización de subproductos, fue un componente crucial en el marco de la sostenibilidad ambiental.

4.3. Implementación del Proceso Analítico en Red (ANP)

4.3.1. Estructura de Proceso Analítico en Red (ANP)

En el proceso de poder jerarquizar las alternativas estratégicas según su impacto en criterios ambientales, económicos y sociales bajo un enfoque de economía circular en la cadena de suministro agroalimentaria de la Ciénaga de la Zapatosa, se empleó el Proceso Analítico en Red (ANP), este método fue seleccionado por su capacidad para evaluar interdependencias entre variables clave.

El modelo ANP fue configurado en el software SuperDecisions, se diseñó en torno a un objetivo central, se estrucutran tres criterios clave (social, económico y ambiental) y cuatro alternativas estratégicas, se establecieron las conexiones (ver fig.**4-4**) entre criterios, subcriterios y alternativas con base a la matriz de influencia(ver**4-3**), con el fin de evaluar posteriormente las relaciones de interdependencia entre ellas. En lo referente a la creación

de cada cluster y conexión de cada nodo, se configuró con base a los diferentes resultados y conclusiones de las fases, obteniendo el siguiente resultado:

- **Alternativas:**
  1. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales (A1): Implementar proyectos piloto de economía circular en colaboración con cooperativas locales y actores públicos, utilizando sistemas de trazabilidad y prácticas sostenibles para optimizar la eficiencia de la cadena de suministro.
  2. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores (A2): Promover la adopción de tecnologías accesibles que permitan optimizar la cadena de suministro, con un enfoque en la trazabilidad de productos, la reducción de desperdicio y el uso eficiente de recursos.
  3. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular (A3): Implementar prácticas que mejoren el manejo postcosecha, la comercialización de productos agrícolas y la integración del consumidor final en la cadena de valor, promoviendo la agregación de valor a los productos y la gestión eficiente de inventarios, así como la participación activa de los consumidores en el proceso de retroalimentación y reutilización de productos.
  4. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible (A4): Fomentar la coordinación local y la colaboración entre actores para facilitar la adopción de prácticas circulares en la región mediante la creación de comités locales de economía circular y planes de acción comunitarios.
- **Cluster Social:** Se enfoca en la integración y participación de los actores locales, así como en la adopción y aceptación de las prácticas sostenibles por parte de las comunidades.
  1. Capacitación y transferencia de conocimiento: Desarrollo de capacidades técnicas y transferencias de conocimiento sobre prácticas sostenibles y modelos de negocio circulares.
  2. Inclusión social y acceso a Infraestructura: Asegurar que los actores tengan acceso a infraestructura y servicios básicos necesarios para implementar prácticas sostenibles.
  3. Integración y participación comunitaria: Participación activa de actores locales en la toma de decisiones y en la implementación de prácticas de economía circular.
- **Cluster Ambiental:** Se centra en la reducción de residuos y el uso eficiente de los recursos, así como en la conservación de la biodiversidad y la mitigación del impacto ambiental.

Matriz de Influencia														
		Alternativas				Económico			Social			Ambiental		
		A.1	A.2	A.3	A.4	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
Alternativas	A.1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	A.2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	A.3	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0
	A.4	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
Económico	1.1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
	1.2	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
	1.3	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
Social	2.1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
	2.2	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
	2.3	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1
Ambiental	3.1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
	3.2	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1
	3.3	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0

Figura 4-3.: Matriz de Influencia
Fuente: Elaboracion propia

1. Gestión ambiental integrada y Conservación de ecosistemas: Implementación de prácticas que promuevan la conservación de la biodiversidad y la reducción de la huella ambiental de las operaciones agrícolas.
2. Optimización logística y reducción de reducción de huella de carbono: Incluir estrategias específicas como reducción de tiempos de transporte, mejoramiento en el embalaje para evitar daños y pérdidas, y optimización de rutas para minimizar el uso de combustible y la huella de carbono.
3. Reducción de Pérdida y Desperdicio de Alimentos (PDA): Minimización de pérdida y desperdicio y fomentar la reutilización de subproductos agrícolas y residuos generados en la cadena de suministro.

- **Cluster Económico:** Se enfoca en las variables queinfluyen directamente en la viabilidad económica de la economía circular, destacando aspectos que reflejan la sostenibilidad financiera y la competitividad de los actores locales.

  1. Creación de valor y resiliencia económica: Creación de ingresos sostenibles a largo plazo a través de la adopción de prácticas de economía circular y la participación en nuevos mercados.
  2. Eficiencia de costos y rediseño de proceso: Optimización de costos operativos mediante el uso eficiente de recursos y la reducción del desperdicio a lo largo de la cadena de suministro.
  3. Incentivos financieros y políticas públicas de apoyo: Capacidad de los actores para obtener financiamiento y apoyoinstitucional que permita implementar prácticas circulares

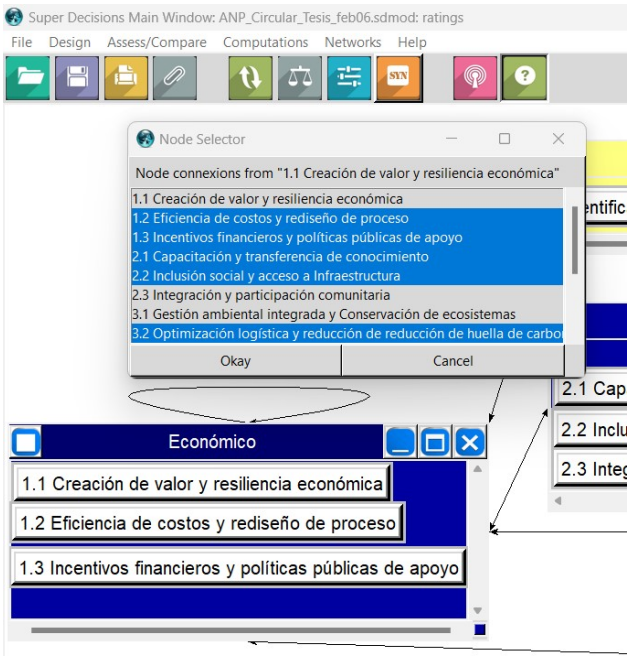


Figura 4-4.: Generación de las conexiones entre los diferentes nodos en Superdecisions (Elaboración propia, Software SuperDecisions)

4.3.2. Resultados Proceso Analítico en Red (ANP)

Una vez estructurado los clusters (alternativas y criterios) con sus nodos, el software generó automáticamente un conjunto de 27 comparaciones pareadas (ver fig.**4-5**), derivadas de las interdependencias del modelo. Estas comparaciones fueron formuladas en una matriz de Excel que posteriormente fue utilizada para la evaluación en SuperDecisions. En el proceso de aplicación de juicio de expertos, se seleccionaron 11 participantes, quienes realizaron las evaluaciones comparativas. Cada experto asignó pesos relativos a las alternativas en función de su impacto en cada criterio, aplicando la escala de Saaty (1-9). Dado que SuperDecisions solo permite ingresar una única matriz de comparación, los valores obtenidos de los expertos fueron ponderados utilizando un promedio simple, asegurando la integración de diversas perspectivas sin sesgos hacia una única visión (Saaty, 2004).

El software SuperDecisions genera automáticamente el resultado asociado a las prioridades (ver fig.**4-6**) y las tres matrices clave: la matriz no ponderada, que muestra las relaciones directas entre criterios y alternativas; la supermatriz ponderada, donde los valores fueron ajustados según la importancia relativa de cada criterio; y finalmente, la supermatriz limitante, que proporciona los pesos finales de cada alternativa después del proceso iterativo. Estos resultados permitieron obtener la priorización definitiva de estrategias para la implementación de la economía circular en la cadena agroalimentaria de la Ciénaga de la Zapatosa, (imagen de SD) . Los resultados generados por SuperDecisions fueron exportados a Excel

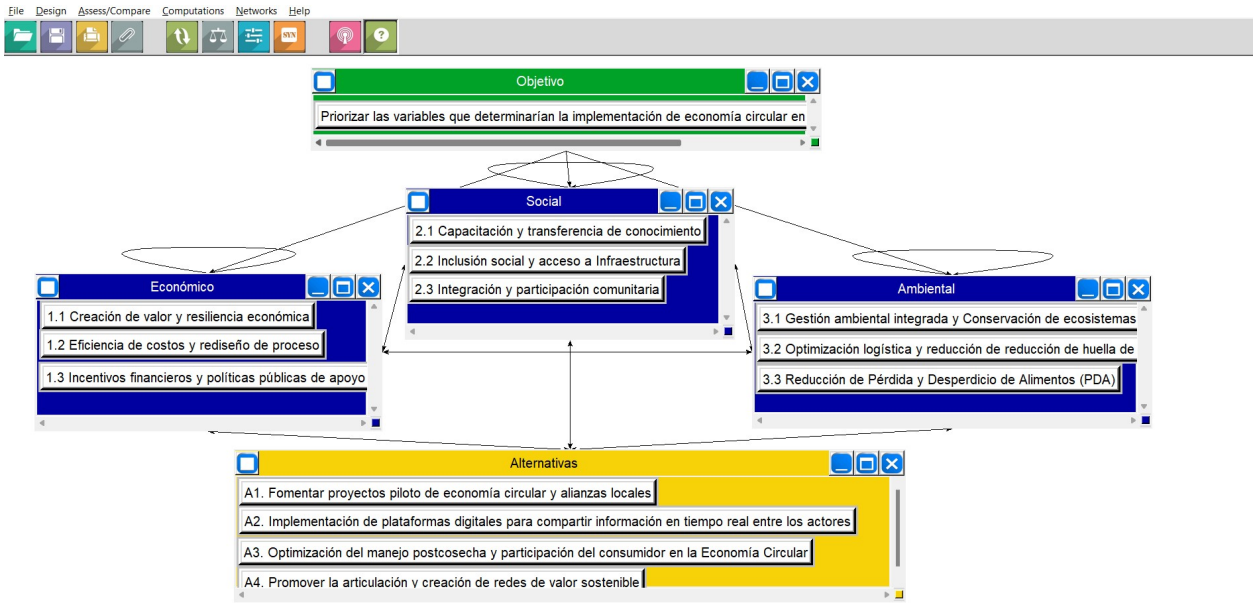


Figura 4-5.: Estructuración de Alternativas, Criterios y nodos del Modelo ANP - SuperDecisions

Fuente: Elaboracion propia -Software SuperDecisions

Super Decisions Main Window: ANP_Circular_Tesis_oct14...

Here are the priorities.

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	A1. Fomentar proyectos piloto de economía circu~	0.29719	0.056916
No Icon	A2. Implementación de plataformas digitales pa~	0.14650	0.028057
No Icon	A3. Optimización del manejo postcosecha y par~	0.24201	0.046348
No Icon	A4. Promover la articulación y creación ~	0.31431	0.060195
No Icon	3.1 Gestión ambiental integrada y Conservación~	0.07333	0.011334
No Icon	3.2 Optimización logística y reducción de~	0.58723	0.090762
No Icon	3.3 Reducción de Pérdida y Desperdicio de Aliment~	0.33944	0.052463
No Icon	1.1 Creación de valor y resiliencia económica	0.47866	0.083159
No Icon	1.2 Eficiencia de costos y rediseño de proceso	0.14011	0.024341
No Icon	1.3 Incentivos financieros y políticas ~	0.38123	0.066233
No Icon	2.1 Capacitación y transferencia de conocim~	0.24632	0.118282
No Icon	2.2 Inclusión social y acceso a Infraestructura	0.32245	0.154840
No Icon	2.3 Integración y participación comunitaria	0.43122	0.207070

Figura 4-6.: Resultado General de prioridades SuperDecisions

Fuente: Elaboracion propia - Software SuperDecisions

(ver fig.**4-7**) y estructuradas en tablas y gráficos con el propósito de facilitar su análisis y mejorar la visualización de los hallazgos obtenidos :

Resultado de las Alternativas Evaluadas

1. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible (31,43 %) Esta estrategia obtuvo la mayor ponderación, posicionándose como la acción más relevante y prioritaria dentro del modelo ANP. Su alto peso relativo demuestra la necesidad de fortalecer la colaboración entre actores del sistema agroalimentario, facilitando la integración de pequeños productores y promoviendo sinergias para optimizar recursos.

2. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales (29,72 %) Identificada como la segunda estrategia con mayor impacto, su importancia radica en la posibilidad de generar experiencias piloto replicables, permitiendo evaluar la viabilidad y efectividad de nuevas prácticas antes de su escalamiento en la región.

3. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la economía circular (24,20 %) Valorada por su contribución en la reducción de pérdidas postcosecha y su enfoque en la participación activa del consumidor en la cadena de valor, garantizando la agregación de valor a los productos agroalimentarios.

4. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores (14,65 %) Aunque relevante, su menor ponderación refleja desafíos tecnológicos y de acceso a infraestructura en la región, lo que podría limitar su adopción en comparación con otras estrategias más viables en el corto plazo. Estos resultados evidencian que la transición hacia un modelo de economía circular en la Ciénaga de la Zapatosa debe centrarse en estrategias que fortalezcan la colaboración entre actores, faciliten la implementación de proyectos piloto y optimicen la gestión postcosecha, mientras que la digitalización deberá avanzar de manera complementaria.

- **Matriz No Ponderada** La matriz no ponderada muestra las influencias directas entre alternativas y nodos sin considerar el peso relativo de cada conexión, (ver figura**4-8**). En este análisis, se observó que A4 tiene un alto grado de interacción con los nodos económicos y sociales, confirmando su alineación con los objetivos estratégicos. Las alternativas A1 y A2 presentaron menos conexiones con los nodos sociales, lo que explica su menor prioridad en comparación con A4.

- **Supermatriz Ponderada** La supermatriz ponderada asigna pesos específicos a las relaciones entre nodos y alternativas, permitiendo una evaluación más precisa de su importancia relativa (ver figura**4-9**). Los resultados confirman que A4 se mantiene como la alternativa más relevante al alinearse con los nodos críticos del modelo. A1 sobresale en eficiencia de costos, mientras que A2 y A3 muestran menor peso en los

Componente	Nodos	Normalized By Cluster	Limiting
Alternativas	A1. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales	29,72%	5,69%
	A2. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores	14,65%	2,81%
	A3. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular	24,20%	4,63%
	A4. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible	31,43%	6,02%
Económico	1.1 Creación de valor y resiliencia económica	47,87%	8,32%
	1.2 Eficiencia de costos y rediseño de proceso	14,01%	2,43%
	1.3 Incentivos financieros y políticas públicas de apoyo	38,12%	6,62%
Social	2.1 Capacitación y transferencia de conocimiento	24,63%	11,83%
	2.2 Inclusión social y acceso a Infraestructura	32,25%	15,48%
	2.3 Integración y participación comunitaria	43,12%	20,71%
Ambiental	3.1 Gestión ambiental integrada y Conservación de ecosistemas	17,33%	2,13%
	3.2 Optimización logística y reducción de huella de carbono	48,72%	7,08%
	3.3 Reducción de Pérdida y Desperdicio de Alimentos	33,94%	5,25%

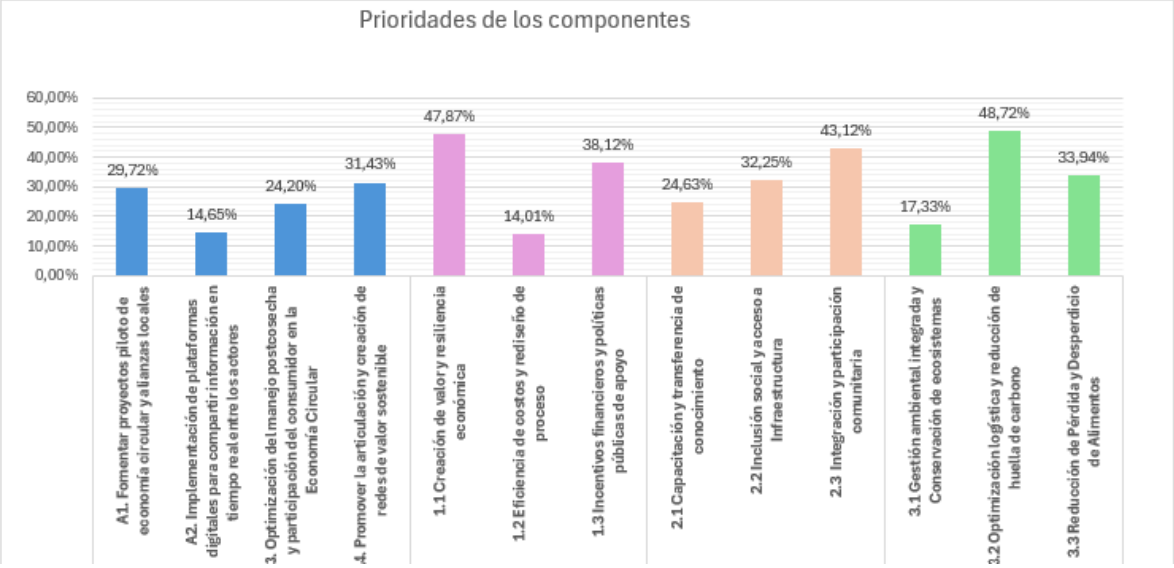


Figura 4-7.: Resultado General de prioridades
Fuente: Elaboracion propia

Matriz No Ponderada														
		Alternativas				Económico			Social			Ambiental		
		A,1	A,2	A,3	A,4	1,1	1,2	1,3	2,1	2,2	2,3	3,1	3,2	3,3
Alternativas	A.1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,12	0,46	0,50	0,73	0,20	0,73
	A.2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,28	0,28	0,00	0,08	0,05	0,08
	A.3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,50	0,18	0,09	0,26	0,00	0,00	0,18	0,19
	A.4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,23	0,50	0,00	0,50	0,19	0,57	0,00
Económico	1.1	0,16	0,00	0,10	0,09	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,13	0,50
	1.2	0,51	0,75	0,57	0,59	0,00	0,88	0,67	0,10	0,89	0,10	0,59	0,00	0,50
	1.3	0,33	0,25	0,33	0,32	0,10	0,00	0,33	0,00	0,11	0,00	0,32	0,88	0,00
Social	2.1	0,32	0,30	0,88	0,25	0,67	0,43	0,50	0,00	0,10	0,25	0,28	0,10	0,28
	2.2	0,06	0,06	0,13	0,00	0,33	0,14	0,00	0,11	0,00	0,75	0,07	0,00	0,07
	2.3	0,62	0,64	0,00	0,75	0,00	0,43	0,50	0,89	0,00	0,00	0,65	0,00	0,65
Ambiental	3.1	0,15	0,12	0,10	0,12	0,00	0,33	0,50	0,50	0,80	0,00	0,12	0,12	0,14
	3.2	0,56	0,15	0,22	0,23	0,50	0,00	0,50	0,50	0,20	0,25	0,23	0,23	0,28
	3.3	0,29	0,72	0,68	0,65	0,50	0,67	0,00	0,00	0,00	0,75	0,65	0,65	0,58

Figura 4-8.: Matriz No Ponderada
Fuente: Elaboración propia, Software SuperDecisions

Supermatriz Ponderada														
		Alternativas				Económico			Social			Ambiental		
		A,1	A,2	A,3	A,4	1,1	1,2	1,3	2,1	2,2	2,3	3,1	3,2	3,3
Alternativas	A,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,12	0,46	0,50	0,73	0,20	0,73
	A,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,28	0,28	0,00	0,08	0,05	0,08
	A,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,50	0,18	0,09	0,26	0,00	0,00	0,18	0,19
	A,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,23	0,50	0,00	0,50	0,19	0,57	0,00
Económico	1,100	0,16	0,00	0,10	0,09	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,13	0,50
	1,200	0,51	0,75	0,57	0,59	0,00	0,88	0,67	0,10	0,89	0,10	0,59	0,00	0,50
	1,300	0,33	0,25	0,33	0,32	0,10	0,00	0,33	0,00	0,11	0,00	0,32	0,88	0,00
Social	2,100	0,32	0,30	0,88	0,25	0,67	0,43	0,50	0,00	0,10	0,25	0,28	0,10	0,28
	2,200	0,06	0,06	0,13	0,00	0,33	0,14	0,00	0,11	0,00	0,75	0,07	0,00	0,07
	2,300	0,62	0,64	0,00	0,75	0,00	0,43	0,50	0,89	0,00	0,00	0,65	0,00	0,65
Ambiental	3,100	0,15	0,12	0,10	0,12	0,00	0,33	0,50	0,50	0,80	0,00	0,12	0,12	0,14
	3,200	0,56	0,15	0,22	0,23	0,50	0,00	0,50	0,50	0,20	0,25	0,23	0,23	0,28
	3,300	0,29	0,72	0,68	0,65	0,50	0,67	0,00	0,00	0,00	0,75	0,65	0,65	0,58

Figura 4-9.: Supermatriz Ponderada
Fuente: Software SuperDecisions

Supermatriz limite														
		Alternativas				Económico			Social			Ambiental		
		A,1	A,2	A,3	A,4	1,1	1,2	1,3	2,1	2,2	2,3	3,1	3,2	3,3
Alternativas	A,1	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	A,2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	A,3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	A,4	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Económico	1,100	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	1,200	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	1,300	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Social	2,100	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	2,200	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	2,300	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Ambiental	3,100	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
	3,200	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	3,300	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21

Figura 4-10.: Supermatriz Limitante:
Fuente: Software SuperDecisions

criterios económicos, reflejando su alcance más especializado.

- **Supermatriz Limitante** La supermatriz limitante revela el estado de convergencia del modelo tras múltiples iteraciones. Esta matriz es diferente de la matriz de influencias, ya que la limitante muestra cómo las prioridades evolucionan hasta alcanzar un punto de estabilidad (ver figura**4-10**). En este estudio, A4 mantiene su liderazgo en la supermatriz limitante, lo que indica que su impacto es sostenible a largo plazo. A1 y A3 conservan posiciones secundarias, pero con menor estabilidad, mientras que A2 muestra una dependencia de factores externos que puede comprometer su efectividad.

4.4. Cierre del Capítulo

Este capítulo ha presentado un análisis detallado de los resultados obtenidos a lo largo de las fases metodológicas implementadas para la estructuración de estrategias orientadas a la economía circular en la cadena agroalimentaria de la Ciénaga de la Zapatosa. El proceso inició con un diagnóstico territorial, en el cual se identificaron las brechas y oportunidades en la cadena de suministro agroalimentaria a través de talleres y entrevistas semiestrucutraadas con actores clave. Posteriormente, se llevó a cabo la priorización de estrategias, mediante la aplicación del método RICE y la validación con el coeficiente Kappa de Fleiss, asegurando un nivel de concordancia en la selección de acciones estratégicas.

El análisis permitió consolidar un conjunto de estrategias priorizadas, reflejando la necesidad de fortalecer la coordinación entre los actores del sector, mejorar la gestión logística y promover el desarrollo de capacidades en el territorio. Estas estrategias fueron la base para la implementación del Proceso Analítico en Red (ANP), herramienta clave para jerarquizar alternativas y evaluar sus interdependencias.

Los resultados obtenidos en el ANP evidencian que la estrategia con mayor impacto es la promoción de redes de valor sostenible, lo que resalta la importancia de la colaboración y la integración de actores dentro del sistema agroalimentario. Adicionalmente, la implementación de proyectos piloto de economía circular se posicionó como una de las principales acciones a desarrollar, facilitando la validación de prácticas innovadoras en un contexto real.

En el ámbito productivo y logístico, la optimización del manejo postcosecha y la integración del consumidor en la economía circular emergen como acciones clave para reducir pérdidas y desperdicio de alimentos y fortalecer la resiliencia del sistema agroalimentario. Por otro lado, la adopción de plataformas digitales para la gestión de información presenta un potencial significativo, aunque enfrenta desafíos asociados a la infraestructura tecnológica y su nivel de acceso en la región.

Desde una perspectiva metodológica, este capítulo destaca la utilidad de combinar herramientas de análisis cualitativo y cuantitativo para la toma de decisiones estratégicas. El diagnóstico territorial, la priorización de estrategias y la implementación del ANP en SuperDecisions proporcionaron un marco estructurado para evaluar y seleccionar las acciones más viables y efectivas en la transición hacia un modelo de economía circular en la Ciénaga de la Zapatosa.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

La presente investigación ha permitido evaluar la viabilidad de la economía circular en la cadena de suministro agroalimentaria de la Ciénaga de la Zapatosa, considerando un enfoque metodológico que integra un diagnóstico territorial, priorización de estrategias mediante RICE y Kappa de Fleiss, y modelación con el Proceso Analítico en Red (ANP). Con base en los hallazgos obtenidos, se identificaron principios fundamentales, variables clave y desafíos estructurales que inciden en la transición hacia un modelo agroalimentario circular en la región.

La revisión literatura realizada permitió identificar los principios de economía circular en el sector agricola, destacando la valorización de residuos y subproductos, la eficiencia en el uso de recursos, la integración de tecnologías digitales y la co-creación entre actores de la cadena de suministro. Estos principios fueron contrastados con prácticas documentadas en la industria agroalimentaria, evidenciando que la implementación de la economía circular en este sector requiere un enfoque integral que combine incentivos económicos, digitalización de la información y adopción de tecnologías de reciclaje avanzado.

Se evidencia que la aplicación de la economía circular en el sector agroalimentario no solo debe enfocarse en procesos productivos y logísticos, sino también en estrategias que promuevan la colaboración entre actores locales y el desarrollo de capacidades técnicas en las comunidades rurales. Donde la digitalización es un elemento clave en este proceso, ya que el uso de plataformas tecnológicas para la trazabilidad y gestión de la información permite optimizar el flujo de productos y minimizar el desperdicio en la cadena de suministro.

Desde una perspectiva metodológica, la combinación de herramientas cualitativas y cuantitativas permitió consolidar un modelo de evaluación integral que consideró las interdependencias entre variables económicas, ambientales y sociales. La aplicación del ANP en el Software SuperDecisions facilitó la jerarquización de alternativas y reveló que aspectos como la articulación institucional, el acceso a financiamiento y la capacitación de actores locales juegan un papel determinante en la viabilidad de la economía circular en el sector agrícola.

La implementación de modelos circulares en el sector agroalimentario no solo representa una oportunidad para optimizar el uso de recursos y reducir pérdidas en la cadena de su-

ministro, sino que también puede fortalecer la economía local, generar empleo y mejorar la competitividad del sector. Sin embargo, para lograr una transición efectiva, es fundamental que las estrategias diseñadas sean implementadas de manera coordinada entre los actores clave de la cadena agroalimentaria, desde los campesinos y pequeños productores, cuya labor constituye la base del sistema agroalimentario, hasta los consumidores finales, cuyo compromiso y participación en la economía circular pueden impulsar un cambio estructural en los patrones de producción y consumo. La articulación eficiente entre estos actores, en conjunto con el sector público y privado, es esencial para garantizar soluciones sostenibles y escalables a largo plazo.

Finalmente, a largo plazo, los resultados de esta investigación pueden servir como referencia para el diseño de políticas y estrategias en otras regiones con características similares, proporcionando una base empírica para futuras investigaciones en el campo de la economía circular y la gestión de cadenas de suministro sostenibles.

5.2. Recomendaciones

En primer lugar, es fundamental fortalecer la educación y capacitación en economía circular a través de programas de formación dirigidos a productores, transportistas y distribuidores, asegurando que las estrategias identificadas sean comprendidas y adoptadas por todos los actores de la cadena de suministro. Adicionalmente, la implementación de proyectos piloto permitirá generar evidencia sobre la aplicabilidad de estas estrategias en contextos reales, facilitando la toma de decisiones informadas y reduciendo el riesgo de implementación.

Otro aspecto prioritario es la inversión en infraestructura que garantice condiciones óptimas para la conservación y distribución de productos agrícolas, minimizando pérdidas y mejorando la eficiencia del sistema agroalimentario. También es necesario promover el desarrollo de políticas públicas e incentivos financieros orientados a la economía circular, asegurando que los pequeños y medianos productores puedan acceder a créditos y subvenciones que faciliten la adopción de estas prácticas.

La digitalización de la cadena de suministro es un componente clave que debe ser promovido mediante la adopción de herramientas de trazabilidad y monitoreo en tiempo real. Estas tecnologías no solo permitirán mejorar la transparencia y la eficiencia operativa, sino que también contribuirán a fortalecer la competitividad del sector en mercados cada vez más exigentes en términos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

Finalmente, es fundamental continuar impulsando investigaciones que visibilicen los desafíos de las cadenas de suministro rurales, promoviendo el diálogo entre actores y la cocreación de soluciones. Esta investigación evidencia el papel clave del aporte académico en la orien-

tación de la toma de decisiones y el fortalecimiento de políticas públicas que beneficien a los productores y contribuyan al desarrollo sostenible del sector agroalimentario.

A. Anexo: Apartados -Instrumento Guía De Caracterización Logística

INSTRUMENTO GUÍA DE CARACTERIZACIÓN LOGÍSTICA
(Entrevista semiestructurada – Uno a Uno)

OBJETIVOS

Generadores de carga: Capturar información relacionada con los rasgos de la operación logística postcosecha, actividades después que el producto es cosechado, recolectado o extraído en granjas o fuentes naturales. Específicamente la correspondiente a los macroprocesos de abastecimiento, almacenamiento y distribución llevados a cabo por agentes generadores (agricultor, productor o extractor) de carga, la cual corresponde a productos agroalimentarios cultivados, producidos o extraídos en los municipios de Astrea, Chiriguaná, Curumaní, El Paso, Chimichagua, Tamalameque y Pailitas Cesar. Estos rasgos comprenden cantidades cosechadas, perdidas de producto, tiempos, costos, origen - destino de la carga, tipo de embalaje y empaque, tipo de vehículos empleados durante el transporte, TIC, infraestructura, institucionalidad y estructura organizacional de las asociaciones, fundaciones y/o cooperativas. Con base en esta data se busca caracterizar los actores generadores de carga de las cadenas de suministro agroalimentarias de la ciénaga de la Zapatosa, cuestión que hace parte del objetivo específico N° 2 del proyecto de regalías BPIN 2020000100730 titulado "Desarrollo, transferencia de tecnología y conocimiento para la innovación para la reactivación económica y soberanía seguridad alimentaria derivadas de la emergencia económica, social y ecológica causada por el COVID-19 en ciénaga de la Zapatosa-Cesar".

Transportadores de carga: Capturar información relacionada con los rasgos de la operación logística postcosecha, actividades después que el producto es cosechado, recolectado o extraído en granjas o fuentes naturales. Específicamente la correspondiente al transporte y/o distribución de productos agroalimentarios cultivados, producidos o extraídos en los municipios de Astrea, Chiriguaná, Curumaní, El Paso, Chimichagua, Tamalameque y Pailitas Cesar. Estos rasgos comprenden el transporte desde el nodo primal (granjas y puertos fluviales) hasta nodo pivote o receptor (centro de acopio, plaza de mercado, planta de beneficio y punto de venta mayorista o minoristas). En este tramo se identifica el tipo y configuración de vehículos, cantidad transportada, origen-destino de la carga, modalidad de contratación del servicio, recorridos, estados de las vías, operaciones de cargue y descargue, adopción o uso de TIC, relación entre actores, institucionalidad y externalidades. Con base en esta data se busca caracterizar los actores transportadores de carga de las cadenas de suministro agroalimentarias de la ciénaga de la Zapatosa, lo cual hace parte del objetivo específico N° 2 del proyecto de regalías BPIN 2020000100730 titulado "Desarrollo, transferencia de tecnología y conocimiento para la innovación para la reactivación económica y soberanía seguridad alimentaria derivadas de la emergencia económica, social y ecológica causada por el COVID-19 en ciénaga de la Zapatosa-Cesar".

Receptores de carga: Capturar información relacionada con los rasgos de la operación logística postcosecha, actividades después que el producto es cosechado, recolectado o extraído en granjas o fuentes naturales. Específicamente la correspondiente a los macroprocesos de abastecimiento, almacenamiento y distribución llevados a cabo por agentes receptores (acopiadores, vivanderos, transformadores, mayorista o minoristas) de carga, la cual

Figura A-1.: Instrumento Guía De Caracterización Logística (Entrevista semiestructurada)
Fuente: (Ecorza y SEPRO,2022)

corresponde a productos agroalimentarios cultivados, producidos o extraídos en los municipios de Astrea, Chiriguaná, Curumaní, El Paso, Chimichagua, Tamalameque y Pailitas Cesar. Estos rasgos comprenden formas de abastecimiento, relación con actores, condiciones de almacenamiento, prácticas de comercialización, volúmenes de carga, tiempos, costos, origen - destino de la carga, tipo de embalaje y empaque, tipo de vehículos empleados durante el transporte, TIC, infraestructura, institucionalidad y estructura organizacional de las asociaciones, fundaciones y/o cooperativa. Con base en esta data se busca caracterizar los actores receptores de carga las cadenas de suministro agroalimentarias de la ciénaga de la Zapatosa, lo cual hace parte del objetivo específico N° 2 del proyecto de regalías BPIN 2020000100730 titulado "Desarrollo, transferencia de tecnología y conocimiento para la innovación para la reactivación económica y soberanía seguridad alimentaria derivadas de la emergencia económica, social y ecológica causada por el COVID-19 en ciénaga de la Zapatosa-Cesar".

POLÍTICA DE PROTECCIÓN DE DATOS

La Universidad Nacional de Colombia, identificada con NIT 899.999.063, como responsable del tratamiento de información de datos personales, informa a todos los titulares que estos serán tratados de acuerdo con la ley 1581 de 2012 y sus normas concordantes. Los datos personales que la Universidad Nacional de Colombia solicita, serán utilizados para los siguientes fines:

Adelantar trámites y servicios que tiene a cargo la Universidad en ejercicio de sus funciones. Dar a conocer los servicios ofrecidos por la Universidad Nacional de Colombia. Registro y Participación en eventos organizados por la Universidad Nacional de Colombia. Evaluar la calidad de los servicios de la Universidad Nacional de Colombia. Y demás finalidades descritas en la Política de Tratamiento de Datos Personales. Los datos de carácter personal recolectados se encuentran bajo medidas que garantizan la seguridad, confidencialidad e integridad, y su tratamiento se realiza bajo nuestra Política de Datos Personales, la cual podrá consultar en el siguiente enlace en el documento Política de Tratamiento de Datos Personales.

Puede ejercer sus derechos como titular de conocer, actualizar, rectificar y revocar las autorizaciones dadas a las finalidades aplicables para el desarrollo de las relaciones laborales, académicas, contractuales y todas las demás relacionadas con el objeto social de la Universidad Nacional de Colombia, a través de los siguientes canales:

Oficina de correspondencia: Comunicación dirigida al Oficial de Protección de Datos Personales; Dirección: Carrera 45 # 26-85 Edif. Uriel Gutiérrez Bogotá D.C., Colombia - 5 Piso – Oficina 566.
Correo electrónico: protecdatos_na@unal.edu.co
Teléfono: (+57 1) 316 5000 - Ext. 18407

Figura A-2.: Instrumento Guía De Caracterización Logística (Entrevista semiestructurada)
Fuente: (Ecorza y SEPRO,2022)

INSTRUMENTO GUÍA - COMENTARIOS

Convenciones del instrumento

Indica para que actor va dirigida la pregunta:

- **[G]** - Generador de Carga
- **[T]** - Transportista
- **[R]** - Recibidor de Carga
- **[+]** - Registro fotográfico y/o registro de medidas
- **[*]** - Múltiple respuesta

Si la pregunta va dirigida para más de un actor, se identificará así:

- **[G_T]** – Dirigida para Generador de Carga y Transportista
- **[G_T_R]** – Dirigida a los 3 actores.

A. INFORMACIÓN GENERAL

A1. Fecha: __/__/__

A2. Municipio y vereda (lugar exacto del encuentro) [+]: _____

A3. Participante: _____

A4. Entrevistador: _____

A5. Teléfonos: _____

A6. E-mail: _____

A7. Edad: _____

A8. Lugar de nacimiento: _____

A9. Género: M/F/OTRO/ND

Figura A-3.: Instrumento Guía De Caracterización Logística (Entrevista semiestructurada)
Fuente: (Ecorza y SEPRO,2022)

ECORZA

Instrumentos generadores, transportadores y receptores de productos agroalimentarios

PROYECTO DE REGALÍAS BPIN 2020000100730

A10. Situación de discapacidad:

- ☐ Si. ¿Cuál?
- ☐ No

A11. Etnia:

- ☐ Afro
- ☐ Palenquero Raizal
- ☐ Room
- ☐ Indígena
- ☐ Ninguna

B. PRODUCCIÓN

B0. [G_T_R*] Por favor enliste los productos que Produce/Transporta/Comercializa:

- ☐ Plátano
- ☐ Aguacate
- ☐ Pollo de engorde
- ☐ Carne porcina
- ☐ Yuca
- ☐ Naranja
- ☐ Limón
- ☐ Bocachico, Nicuro, Pacora, Blanquillo, Mojarra amarilla, Doncella (Pesca Artesanal)
- ☐ Café
- ☐ Cacao
- ☐ Tilapia, trucha, cachama (Producción acuícola)
- ☐ Maíz
- ☐ Bovino
- ☐ Arroz
- ☐ Queso
- ☐ Leche
- ☐ Patilla
- ☐ Corozo
- ☐ Otro: _____

Línea de logística y cadenas de suministro

Página 4 de 34

Figura A-4.: Instrumento Guía De Caracterización Logística (Entrevista semiestructurada)
Fuente: (Ecorza y SEPRO,2022)

B. Priorización de estrategias

- Estrategias consolidadas en función de los drivers logísticos para un total 48 (Fase 1)

- Estrategias consolidadas en función de los drivers logísticos para un total 25 (Fase 2)

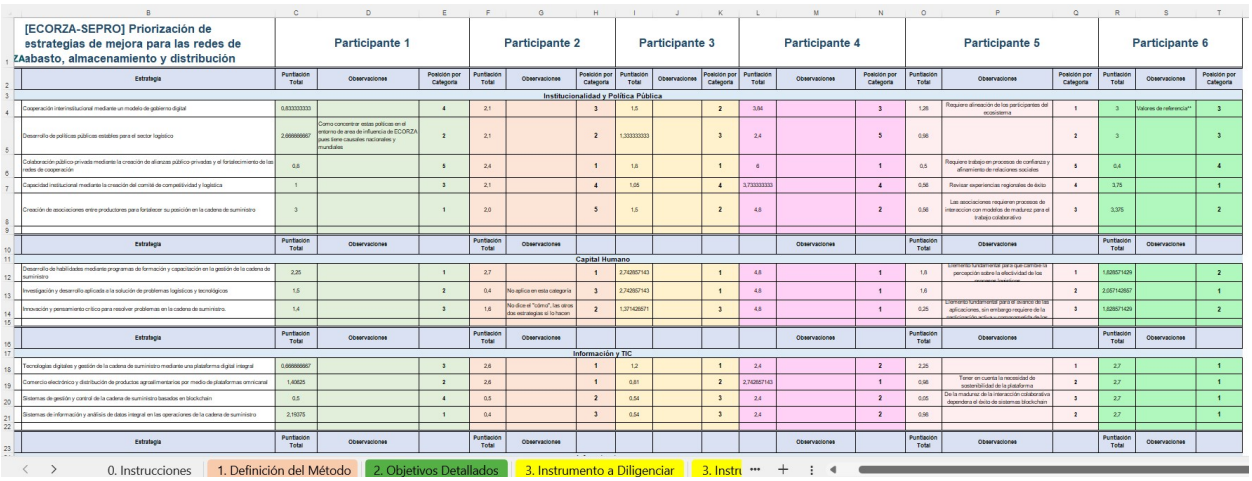
Driver / categoría	No.	Estrategia
	21	ETI6: Desarrollar y mejorar sistemas de información y análisis de datos que permitan el monitoreo y control en tiempo real de la cadena de suministro
	22	ETI7: Implementar sistemas de seguimiento y localización de la carga utilizando tecnologías de identificación por radiofrecuencia (RFID), sensores y sistemas de posicionamiento global (GPS)
	23	ETI8: Implementar ERP (Planificación de Recursos Empresariales) en las unidades productivas, asociaciones y organizaciones en general que hacen parte de la cadena de suministro
Infraestructura	24	EIN1: Promover la socialización de proyectos financiados por entidades públicas para mejorar la infraestructura vial con impacto en el sector agropecuario
	25	EIN2: Promover los servicios especializados de activos logísticos para el sector agropecuario.
	26	EIN3: Fomentar la construcción de Food Hubs (centros alimentarios) para recolectar, distribuir y comercializar los productos alimenticios desde los productores locales hasta los consumidores.
	27	EIN4: Fortalecer a entidades públicas y empresas privadas para optimizar sus redes e infraestructuras.
	28	EIN5: Diseñar modelos de localización de nodos logísticos en la zona de influencia del proyecto.
	29	EIN6: Mejorar la eficiencia y capacidad de los sistemas de transporte de carga, incluyendo la optimización de rutas y la inversión en nuevas tecnologías
	30	EIN7: Mejorar la calidad y disponibilidad de las instalaciones de cargue y descargue
Procesos Logísticos	31	EPL1: Promover el uso de buenas prácticas logísticas en las cadenas de suministro agroalimentarias.
	32	EPL2: Implementar políticas de seguridad de inventarios mediante la selección de proveedores flexibles, ágiles y geográficamente dispersos.
	33	EPL3: Diseñar e implementar cadenas de suministro más cortas y directas entre productores y consumidores, fomentando la producción local y las huertas caseras.
	34	EPL4: Fortalecer a los operadores logísticos que intervienen en la cadena para optimizar sus operaciones
	35	EPL5: Desarrollar un modelo de costos de operación logística para los productores locales.
	36	EPL6: Optimizar rutas de transporte y consolidar envíos para reducir costos y mejorar la eficiencia
	37	EPL7:Implementar sistemas de seguimiento y monitoreo en tiempo real para mejorar la visibilidad y el control de la cadena de suministro.
	38	EPL8:Establecer relaciones de largo plazo con proveedores confiables y de calidad.
	39	EPL9:Optimizar la planificación y programación de la producción agrícola para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y minimizar los costos de aprovisionamiento.
	40	EPL10:Diseñar cadenas de suministro de alimentos fríos con condiciones altamente reguladas y control de temperatura.
	41	EPL11: Estructurar a lo largo de la cadena acciones orientadas a los tres componentes que integran la sostenibilidad (económico, ambiental y social) basadas en la economía circular y seguridad alimentaria
	42	EPL 12: Mejorar las actividades enfocadas en la resiliencia de la cadena de suministro mediante la creación de planes de contingencia y reactivación
Características Organizacionales	43	EO1: Evaluar el grado de madurez de los actores de la cadena en función del desempeño de sus procesos logísticos.

Figura B-1.: Estrategias consolidadas
Fuente: (Ecorza y SEPRO,2022, Anexo)

Tabla 3. Estrategias consolidadas

Driver / categoría	No.	Estrategia
Institucionalidad y Política Pública	1	EI1: Fortalecer la capacidad institucional para gestionar eficientemente la logística en el sector.
	2	EI2: Promover la creación del comité de competitividad y logística
	3	EI3: Diseñar un modelo de gobierno digital para el sector agropecuario coordinando los esfuerzos de entidades gubernamentales, y organizaciones públicas y privadas.
	4	EI4: Promover la articulación, flexibilidad y transparencia entre actores para la gestión logística a lo largo de la cadena de suministro
	5	EI5: Promover la colaboración y coordinación entre los actores de la cadena de suministro mediante la creación de alianzas público-privadas y el fortalecimiento de las redes de cooperación
	6	EI6: Establecer políticas públicas claras y estables para promover el desarrollo y crecimiento del sector logístico
	7	EI7: Apoyar eventos feriales y/o ruedas de negocios que promuevan el desarrollo agropecuario del departamento
	8	EI8: Incorporar los procesos logísticos en una política empresarial de Responsabilidad Social Empresarial a lo largo de la cadena de suministro.
	9	EI9: Estimular la cooperación entre instituciones educativas, de investigación y desarrollo, y otros actores estratégicos vinculados a la cadena de suministro.
	10	EI10: Implementar un plan de infraestructura vial que fomente el desarrollo social y la integración territorial, mediante proyectos tipo establecidos en la MGA (Metodología General Ajustada).
	11	E11: Elaborar políticas para favorecer la creación de asociaciones entre productores que les permita tener mayor poder decisión en la cadena de suministro y fomente la colaboración entre los diferentes actores.
Capital Humano	12	ECH1: Promover el desarrollo de las habilidades logísticas de los actores de la cadena de suministro agroalimentaria.
	13	ECH2: Fortalecer la investigación aplicada a la solución de problemas regionales.
	14	ECH3: Fomentar la formación y capacitación de profesionales en el sector logístico, en especial en áreas críticas como la gestión de la cadena de suministro, la planificación y la gestión de riesgos.
	15	ECH4: Fomentar la innovación y el pensamiento crítico para mejorar la capacidad de los trabajadores para resolver problemas y adaptarse a los cambios en la cadena de suministro.
Información y TIC	16	ETI1: Promover el acceso y uso de la información para la planificación de procesos logísticos en la cadena de suministro agroalimentaria mediante la implementación de internet de las cosas
	17	ETI2: Potenciar el comercio electrónico (e-commerce) como apoyo a las operaciones locales y regionales para la distribución de productos agroalimentarios
	18	ETI3: Diseñar mecanismos que faciliten la adopción de tecnologías digitales, el intercambio de información en tiempo real y las plataformas de comercialización omnicanal
	19	ETI4: Potenciar el monitoreo y la trazabilidad en la cadena de suministro mediante la implementación de herramientas ofimáticas y de la industria 4.0.
	20	ETI5: Implementar sistemas de gestión de la cadena de suministro que permitan la integración y coordinación de los procesos logísticos a lo largo de toda la cadena, desde los proveedores hasta los clientes mediante blockchain

Figura B-2.: Estrategias consolidadas
Fuente: (Ecorza y SEPRO,2022, Anexo)



[ECORZA-SEPRO] Priorización de estrategias de mejora para las redes de ZAabasto, almacenamiento y distribución	Participante 1			Participante 2			Participante 3			Participante 4			Participante 5			Participante 6		
Estrategia	Puntación Total	Observaciones	Posición por Categoría	Puntación Total	Observaciones	Posición por Categoría	Puntación Total	Observaciones	Posición por Categoría	Puntación Total	Observaciones	Posición por Categoría	Puntación Total	Observaciones	Posición por Categoría	Puntación Total	Observaciones	Posición por Categoría
Institucionalidad y Política Pública																		
Cooperación interinstitucional mediante un modelo de gobierno digital	0,833333333		4	2,1		3	1,5		2	3,84		3	1,26	Requiere alineación de los participantes del ecosistema	1	3	Valores de referencia**	3
Desarrollo de políticas públicas estables para el sector logístico	2,666666667	Como concentrar estas políticas en el entorno de áreas de influencia de ECORZA pues tiene causales nacionales y mundiales	2	2,1		2	1,333333333		3	2,4		5	0,96		2	3		3
Colaboración público privada mediante la creación de alianzas público privadas y el fortalecimiento de las redes de cooperación	0,8		5	2,4		1	1,6		1	6		1	0,5	Requiere trabajo en procesos de confianza y alineamiento de relaciones sociales	5	0,4		4
Capacidad institucional mediante la creación del comité de competitividad y logística	1		3	2,1		4	1,05		4	3,733333333		4	0,56	Revisar experiencias regionales de éxito	4	3,75		1
Creación de asociaciones entre productores para fortalecer su posición en la cadena de suministro	3		1	2,0		5	1,5		2	4,8		2	0,56	Las asociaciones requieren procesos de interacción con modelos de madurez para el trabajo colaborativo	3	3,375		2
Estrategia	Puntación Total	Observaciones		Puntación Total	Observaciones						Observaciones		Puntación Total	Observaciones		Puntación Total	Observaciones	
Capital Humano																		
Desarrollo de habilidades mediante programas de formación y capacitación en la gestión de la cadena de suministro	2,25		1	2,7		1	2,742857143		1	4,8		1	1,8	Elemento fundamental para que cambie la percepción sobre la efectividad de los [illegible]	1	1,828571429		2
Investigación y desarrollo aplicada a la solución de problemas logísticos y tecnológicos	1,5		2	0,4	No aplica en esta categoría	3	2,742857143		1	4,8		1	1,6		2	2,057142857		1
Innovación y pensamiento crítico para resolver problemas en la cadena de suministro.	1,4		3	1,6	No dice el "cómo", las otras dos estrategias sí lo hacen	2	1,371428571		3	4,8		1	0,25	Elemento fundamental para el alcance de las aplicaciones, sin embargo requiere de la [illegible]	3	1,828571429		2
Estrategia	Puntación Total	Observaciones		Puntación Total	Observaciones						Observaciones		Puntación Total	Observaciones		Puntación Total	Observaciones	
Información y TIC																		
Tecnologías digitales y gestión de la cadena de suministro mediante una plataforma digital integral	0,666666667		3	2,6		1	1,2		1	2,4		2	2,25		1	2,7		1
Comercio electrónico y distribución de productos agroalimentarios por medio de plataformas omnicanal	1,40625		2	2,6		1	0,81		2	2,742857143		1	0,96	Tener en cuenta la necesidad de sostenibilidad de la plataforma	2	2,7		1
Sistemas de gestión y control de la cadena de suministro basados en blockchain	0,5		4	0,5		2	0,54		3	2,4		2	0,05	De la madurez de la interacción colaborativa dependerá el éxito de sistemas blockchain	3	2,7		1
Sistemas de información y análisis de datos integral en las operaciones de la cadena de suministro	2,19375		1	0,4		3	0,54		3	2,4		2	0,96		2	2,7		1
Estrategia	Puntación Total	Observaciones		Puntación Total	Observaciones						Observaciones		Puntación Total	Observaciones		Puntación Total	Observaciones	

0. Instrucciones | 1. Definición del Método | 2. Objetivos Detallados | 3. Instrumento a Diligenciar | 3. Instru

Figura B-3.: Resultado General - Evaluación de estrategias por método RICE
Fuente: (Ecorza y SEPRO,2022, Anexo)

INSTITUCIONALIDAD Y POLÍTICA PÚBLICA				
ID	**Estrategia**	**1er**	**2do**	**3ro o más**
EI1	Cooperación interinstitucional mediante un modelo de gobierno digital	1	1	4
EI2	Desarrollo de políticas públicas estables para el sector logístico	0	3	3
EI3	Colaboración público-privada mediante la creación de alianzas público-privadas y el fortalecimiento de las redes de cooperación	3	0	3
EI4	Capacidad institucional mediante la creación del comité de competitividad y logística	1	0	5
EI5	Creación de asociaciones entre productores para fortalecer su posición en la cadena de suministro	1	3	2

Figura B-4.: Evaluación institucionalidad y política pública
Fuente: (Ecorza y SEPRO,2022, Anexo)

CAPITAL HUMANO				
ID	**Estrategia**	**1er**	**2do**	**3ro o más**
ECH1	Desarrollo de habilidades mediante programas de formación y capacitación en la gestión de la cadena de suministro	5	1	0
ECH2	Investigación y desarrollo aplicada a la solución de problemas logísticos y tecnológicos	3	2	1
ECH3	Innovación y pensamiento crítico para resolver problemas en la cadena de suministro.	1	2	3

Figura B-5.: Evaluación capital humano
Fuente: (Ecorza y SEPRO,2022, Anexo)

C. Anexo: Implementación de Proceso de Red de Análisis (ANP) / Software Superdecisions

Tabla C-1.: Alternativas estructuradas en SuperDecisions

Objetivo	Priorizar las variables que determinarían la implementación de economía circular en la cadena de suministro agrícola de la Ciénaga de la Zapatosa
Clusters / Nodes	**Alternativas:** A1. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales: Implementar proyectos piloto en colaboración con cooperativas locales y actores públicos, utilizando sistemas de trazabilidad y prácticas sostenibles para optimizar la eficiencia de la cadena de suministro. A2. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores: Promover la adopción de tecnologías accesibles que permitan optimizar la cadena de suministro, con un enfoque en trazabilidad, reducción de desperdicio y uso eficiente de recursos. A3. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor: Implementar prácticas que mejoren el manejo postcosecha, comercialización y la integración del consumidor final en la cadena de valor, promoviendo la agregación de valor y la retroalimentación de los consumidores. A4. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible: Fomentar la coordinación local y la colaboración entre actores para facilitar la adopción de prácticas circulares mediante la creación de comités locales y planes de acción comunitarios.

NODO A	9	7	5	3	1 (Igual)	3	5	7	9	NODO B
Objetivo: Indentificar que variables permitirían implementar economía circular en la cadena de suministro de frutas y verduras en la Cienaga de la Zapatosa Cesar,										
EJEMPLO: ¿Qué considera más importante? Mejorar la infraestructura vial en las zonas rurales Si considera que la mejora la infraestructura vial es mucho más importante que mejorar la articulación entre centros de acopio y plazas de mercado, podría seleccionar 7 o 9 (en la franja azul).		X						X		EJEMPLO: Mejorar la articulación entre centros de acopio y plazas de mercado Si considera que mejorar la articulación los centros de acopio son mucho más importantes que la infraestructura vial podría seleccionar 7 o 9 (en la franja verde).
NODO A	9	7	5	3	1 (Igual)	3	5	7	9	NODO B
1. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										1. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores
2. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										2. Optimización logística y reducción de pérdidas
3. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										3. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible
4.Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores										4. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular
5. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores										5. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible
6. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular										6. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible
7. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										7. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores
8. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										8. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular
9. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores										9. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular
10. Creación de valor y resiliencia económica										10. Eficiencia de costos y rediseño de proceso
11. Gestión ambiental integrada y Conservación de ecosistemas										11. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular
12. Gestión ambiental integrada y Conservación de ecosistemas										12. Reducción de PDA
13. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular										13. Reducción de PDA
14. Creación de valor y resiliencia económica										14. Incentivos financieros y políticas públicas de apoyo
15. Capacitación y transferencia de conocimiento										15. Inclusión social y acceso a Infraestructura
16. Capacitación y transferencia de conocimiento										16. Integración y participación comunitaria
17. Inclusión social y acceso a Infraestructura										17. Integración y participación comunitaria
18. Gestión ambiental integrada y Conservación de ecosistemas										18. Optimización del manejo postcosecha y participación del consumidor en la Economía Circular
19. Creación de valor y resiliencia económica										19. Eficiencia de costos y rediseño de proceso
20. Creación de valor y resiliencia económica										20. Incentivos financieros y políticas públicas de apoyo
21. Eficiencia de costos y rediseño de proceso										21. Incentivos financieros y políticas públicas de apoyo
22. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										22. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores
23. Fomentar proyectos piloto de economía circular y alianzas locales										23. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible
24. Implementación de plataformas digitales para compartir información en tiempo real entre los actores										24. Promover la articulación y creación de redes de valor sostenible
25. Criterio ambiental										25. Criterio económico
26. Criterio ambiental										26. Criterio social
27. Criterio económico										27. Criterio social

Figura C-1.: Cuestionario entregado a los participantes
Fuente:(Elaboración propia, pantallazo de Excel)

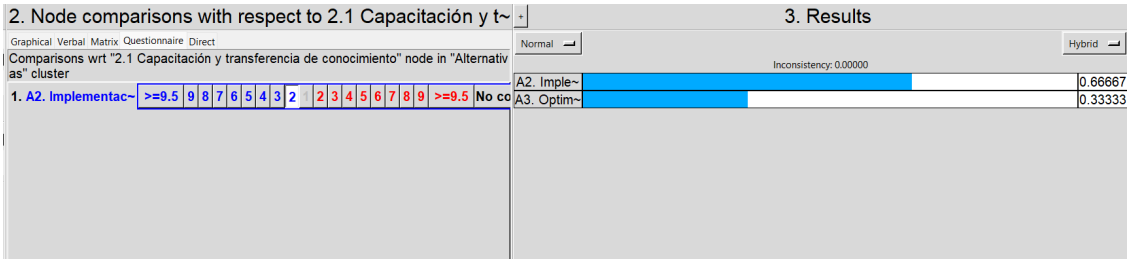


Figura C-2.: Cuestionario generado –SuperDecisions
Fuente: (Elaboración propia, pantallazo de SuperDecisions)

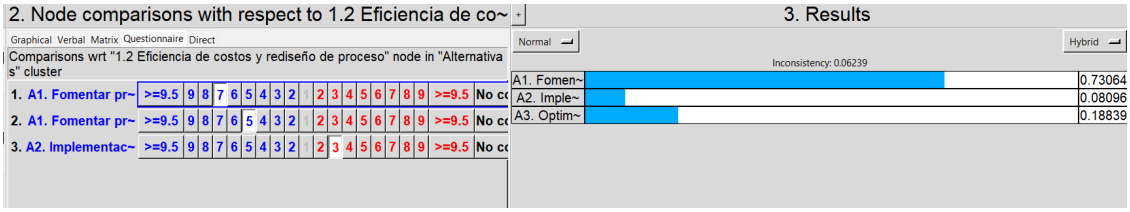


Figura C-3.: Cuestionario generado –SuperDecisions
Fuente: ((Elaboración propia, pantallazo de SuperDecisions)

Tabla C-2.: Variables Económicas, Sociales y Ambientales en la Economía Circular

Económico	**1.1 Creación de valor y resiliencia económica:** Generación de ingresos sostenibles a largo plazo mediante la adopción de prácticas circulares y participación en nuevos mercados. **1.2 Eficiencia de costos y rediseño de procesos:** Optimización de costos operativos mediante el uso eficiente de recursos y la reducción del desperdicio. **1.3 Incentivos financieros y políticas públicas de apoyo:** Acceso a financiamiento y apoyo institucional para implementar prácticas circulares.
Social	**2.1 Capacitación y transferencia de conocimiento:** Desarrollo de capacidades técnicas y transferencia de conocimiento sobre prácticas sostenibles y modelos circulares. **2.2 Inclusión social y acceso a infraestructura:** Garantizar acceso a infraestructura y servicios necesarios para implementar prácticas sostenibles. **2.3 Integración y participación comunitaria:** Participación activa de actores locales en decisiones e implementación de prácticas circulares.
Ambiental	**3.1 Gestión ambiental integrada y conservación de ecosistemas:** Implementación de prácticas que promuevan la conservación de biodiversidad y reducción de huella ambiental. **3.2 Optimización logística y reducción de huella de carbono:** Estrategias como reducción de tiempos de transporte, mejoras en embalaje, y optimización de rutas para minimizar combustible y huella de carbono. **3.3 Reducción de Pérdida y Desperdicio de Alimentos (PDA):** Minimización de pérdidas y reutilización de subproductos agrícolas y residuos.

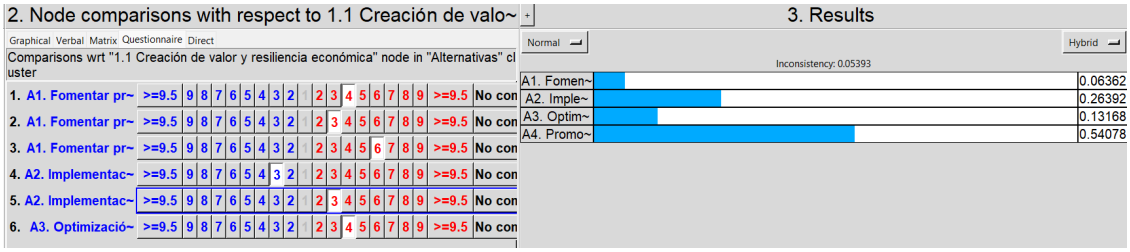


Figura C-4.: Cuestionario generado –SuperDecisions
Fuente: (Elaboración propia, pantallazo de SuperDecisions)

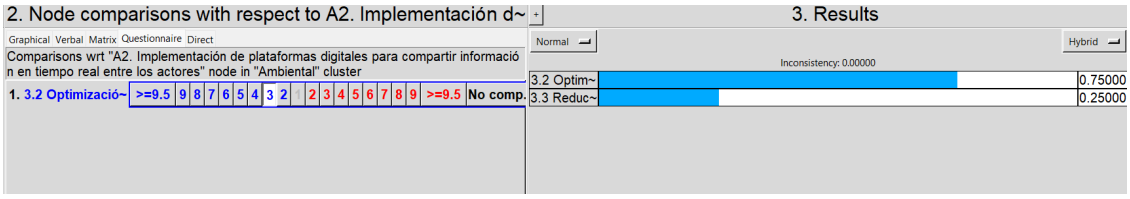


Figura C-5.: Cuestionario generado –SuperDecisions
Fuente: (Elaboración propia, pantallazo de SuperDecisions)

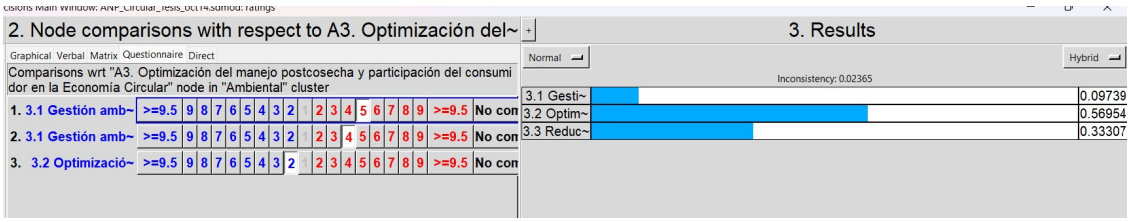


Figura C-6.: Cuestionario generado –SuperDecisions
Fuente: (Elaboración propia, pantallazo de SuperDecisions)

Referencias

Acosta Amylkar. (2023). El Caribe con hambre. https://www.larepublica.co/analisis/amylkar-d-acosta-m-557896/el-caribe-con-hambre-3771853

Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco. (2019). *Estrategia de Economía Circular de Euskadi 2030* (inf. téc.).

Agnusdei, L., Krstić, M., Palmi, P., & Miglietta, P. P. (2023). Digitalization as driver to achieve circularity in the agroindustry: A SWOT-ANP-ADAM approach. *Science of the Total Environment*, *882*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163441

Allen, S. D., Zhu, Q., & Sarkis, J. (2021). Expanding conceptual boundaries of the sustainable supply chain management and circular economy nexus. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, *2*. https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100011

Amicarelli, V., Geatti, P., & Bux, C. (2023). The Circular Economy Potential of Spent Hens' Co-Products and By-Products in Italy by Material Flow Analysis. *Environments - MDPI*, *10*(8). https://doi.org/10.3390/environments10080137

Amicarelli, V., Roe, B. E., & Bux, C. (2022). Measuring Food Loss and Waste Costs in the Italian Potato Chip Industry Using Material Flow Cost Accounting. *Agriculture (Switzerland)*, *12*(4). https://doi.org/10.3390/agriculture12040523

Banco Mundial. (2020). Reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos puede generar grandes beneficios para la seguridad alimentaria de los países y el medio ambiente. https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/09/28/cutting-food-loss-and-waste-can-deliver-big-wins-for-countries-food-security-and-environment

Bhat, R., Sharma, M., Rätsep, R., Malenica, D., & Jõgi, K. (2023, enero). Challenges and Prospects of Tackling Food Loss and Wastes in the Circular Economy Context. En *Sustainable Food Value Chain Development: Perspectives from Developing and Emerging Economies* (pp. 15-36). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6454-1{_}2

Borrello, M., Lombardi, A., Pascucci, S., & Cembalo, L. (2016). *Send Orders for Reprints to reprints@benthamscience.ae Recent Patents The Seven Challenges for Transitioning into a Bio-based Circular Economy in the Agri-food Sector* (inf. téc.).

CESORE. (2019). *Perfil demográfico del Cesar: análisis y recomendaciones de política. Centro de Estudios Socioeconómicos y Regionales.* (inf. téc.).

CESORE. (2021). El Cesar: diversificación productiva para el post-carbón . Centro De Estudios Socioeconómicos y Regionales.de la Zapatosa.

Chacón, J. (2019). *La gestión responsable en la cadena de suministro de productos sostenibles: una propuesta de modelo integrador desde la teoría de la visión de la firma basada en recursos y la teoría de las partes interesadas* [Tesis doctoral].

Chen, W., Oldfield, T. L., Patsios, S. I., & Holden, N. M. (2020). Hybrid life cycle assessment of agro-industrial wastewater valorisation. *Water Research*, *170*. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115275

Ciccullo, F., Cagliano, R., Bartezzaghi, G., & Perego, A. (2021). Implementing the circular economy paradigm in the agri-food supply chain: The role of food waste prevention technologies. *Resources, Conservation and Recycling*, *164*. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105114

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2021). *Documento CONPES 4023. Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento sostenible e incluyente: nuevo compromiso por el futuro de Colombia, Consejo Nacional de Política Económica y Social* (inf. téc.).

Corrado, S., & Sala, S. (2018, septiembre). Food waste accounting along global and European food supply chains: State of the art and outlook. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.032

Daly, H., & Farley, J. (2004). Ecological Economics; Principles and Applications.

Dao, V., Langella, I., & Carbo, J. (2011). From green to sustainability: Information Technology and an integrated sustainability framework. Journal of Strategic Information Systems, 63– 79.

DNP. (2016). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia* (inf. téc.). www.dnp.gov.co

DNP. (2021). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. Derecho Humano a la Alimentación. Colombia, Potencia Mundial de la Vida* (inf. téc.).

Dora, M., Biswas, S., Choudhary, S., Nayak, R., & Irani, Z. (2021). A system-wide interdisciplinary conceptual framework for food loss and waste mitigation strategies in the supply chain. *Industrial Marketing Management*, *93*, 492-508. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.10.013

Ecorza & SEPRO. (2023a). *Caracterización logística y comercial en la ecorregión de la Ciénaga de la Zapatosa. Modos, Medios, e Infraestructura para la logística y dinámicas de comercialización en la ecorregión de la Ciénaga de la Zapatosa* (inf. téc.).

Ecorza & SEPRO. (2023b). *Documento mesas de trabajo para establecer problemáticas macro de las cadenas productivas* (inf. téc.).

Ecorza & SEPRO. (2023c). *Documento técnico final con las estrategias de mejora para las redes de abasto, almacenamiento y distribución, a través de un modelo de madurez de los macroprocesos (Manual de operación logística postcosecha).* (inf. téc.).

Ecorza & SEPRO. (2024). *Informe de caracterización de las cadenas de Suministro Agropecuaria* (inf. téc.).

FAO. (2015). *Desarrollo de cadenas de valor alimentarias sostenibles : principios rectores*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2019). *The state of food and agriculture. 2019. Moving forward on food loss and waste reduction.*

FAO. (2022). Hacer frente a la pérdida y el desperdicio de alimentos: una oportunidad de ganar por partida triple. https://www.fao.org/newsroom/detail/FAO-UNEP-agriculture-environment-food-loss-waste-day-2022/es

FAO & ODEPA. (2019). *Guía para prevenir y reducir la pérdida de frutas y hortalizas* (inf. téc.). http://www.fao.org/publications/es

Fundación Ellen Macarthur. (2019a). *Cities and circular economy for food* (inf. téc.).

Fundación Ellen Macarthur. (2019b). *Introducción a la economía circular. ¿Qué es una economía circular?.* (inf. téc.). https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/presentacion-economia-circular/vision-general

Fundación Ellen Macarthur. (2020). Producción Regenerativa de Alimentos. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/produccion-regenerativa-de-alimentos?_gl=1*1uwt8ai*_up*MQ..*_ga*MTg4MzMzNTM3OC4xNzE0NDIyMzIz*_ga_V32N675KJX*MTcxNDQyMjMyMC4xLjEuMTcxNDQyMjQwNC4wLjAuMA..

Fundación Ellen Macarthur. (2022, mayo). The biological cycle of the butterfly diagram.

Gholian-Jouybari, F., Hajiaghaei-Keshteli, M., Bavar, A., Bavar, A., & Mosallanezhad, B. (2023). A design of a circular closed-loop agri-food supply chain network—A case study of the soybean industry. *Journal of Industrial Information Integration*, *36*. https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100530

González Espitia, G. E. (2023). • Modelo estratégico para la cadena de abasto en el sector hospitalario. Caso proveedor a centros de salud.

Hernández, I. (2018). *Production and sustainable consumption and reduction food waste as one of its goals* (inf. téc.).

Hofstetter, J. S., De Marchi, V., Sarkis, J., Govindan, K., Klassen, R., Ometto, A. R., Spraul, K. S., Bocken, N., Ashton, W. S., Sharma, S., Jaeger-Erben, M., Jensen, C., Dewick, P., Schröder, P., Sinkovics, N., Ibrahim, S. E., Fiske, L., Goerzen, A., & Vazquez-Brust, D. (2021). From Sustainable Global Value Chains to Circular Economy—Different Silos, Different Perspectives, but Many Opportunities to Build Bridges. *Circular Economy and Sustainability*, *1*(1), 21-47. https://doi.org/10.1007/s43615-021-00015-2

Huang, C. H., Liu, S. M., & Hsu, N. Y. (2020). Understanding global food surplus and food waste to tackle economic and environmental sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(7). https://doi.org/10.3390/su12072892

IHOBE. (2023). *Ecodiseño Circular. Manual práctico de Ecodiseño para una economía circular* (inf. téc.). www.ihobe.eus

IIRSA. (2012). *Metodología De Integración Productiva Y Logística - Iprlg. III Reunión Ordinaria Del COSIPLAN.* (inf. téc.).

Klein, O., Nier, S., & Tamásy, C. (2022). Towards a Circular Bioeconomy? Pathways and Spatialities of Agri-Food Waste Valorisation. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, *113*(2), 194-210. https://doi.org/10.1111/tesg.12500

Kusumowardani, N., Tjahjono, B., Lazell, J., Bek, D., Theodorakopoulos, N., Andrikopoulos, P., & Priadi, C. R. (2022). A circular capability framework to address food waste and losses in the agri-food supply chain: The antecedents, principles and outcomes of circular economy. *Journal of Business Research*, *142*, 17-31. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.020

Lugo, S. D. R., Kimita, K., & Nishino, N. (2022). Circular Food Economy framework: Challenges and initiatives. *Procedia CIRP*, *112*, 28-33. https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.09.019

Mapelli, F., Carullo, D., Farris, S., Ferrante, A., Bacenetti, J., Ventura, V., Frisio, D., & Borin, S. (2022). Food Waste-Derived Biomaterials Enriched by Biostimulant Agents for Sustainable Horticultural Practices: A Possible Circular Solution. *Frontiers in Sustainability*, *3*. https://doi.org/10.3389/frsus.2022.928970

Minambiente. (2022). Minambiente, interesado en ayudar a disminuir el desperdicio de alimentos - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/minambiente-interesado-en-ayudar-a-disminuir-el-desperdicio-de-alimentos/

Ministerio de Comercio, I. y. T. (2024). *Perfiles Económicos Departamentales. Departamento de Cesar Perfil económico: Departamento de Cesar* (inf. téc.).

Moraes, N. V., Lermen, F. H., & Echeveste, M. E. S. (2021, mayo). A systematic literature review on food waste/loss prevention and minimization methods. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112268

Muñoz, T. (2017). *Fundamentos de las metodologías AHP y ANP. Aplicación al problema de selección de proveedores para la elaboración de una cerveza artesanal* [Tesis doctoral].

ONU. (2020). Día Internacional de Concienciación sobre la Pérdida y el Desperdicio de Alimentos | Naciones Unidas. https://www.un.org/es/observances/end-food-waste-day

ONU. (2024). *Food Waste Index Report .Think Eat Save Tracking Progress to Halve Global Food Waste* (inf. téc.).

Parsa, A., Van De Wiel, M., Schmutz, U., Fried, J., Black, D., & Roderick, I. (2023). Challenging the food waste hierarchy. *Journal of Environmental Management*, *344*. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118554

Perçin, S. (2022). Evaluating the circular economy–based big data analytics capabilities of circular agri-food supply chains: the context of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(55), 83220-83233. https://doi.org/10.1007/s11356-022-21680-2

Principato, L., Ruini, L., Guidi, M., & Secondi, L. (2019). Adopting the circular economy approach on food loss and waste: The case of Italian pasta production. *Resources,*

Conservation and Recycling, *144*, 82-89. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.025

Ramsar. (2023). Complejo Cenagoso de Zapatosa | Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. https://rsis.ramsar.org/es/ris/2521

Rao, M., Bast, A., & de Boer, A. (2023). Understanding the phenomenon of food waste valorisation from the perspective of supply chain actors engaged in it. *Agricultural and Food Economics*, *11*(1). https://doi.org/10.1186/s40100-023-00279-2

Reina-Usuga, L., Giménez, T. D. H., & Parra-López, C. (2018). Análisis mediante el Proceso Analítico en Red (ANP) de criterios de sostenibilidad de los canales cortos de comercialización frente a la gran comercialización alimentaria en Bogotá, Colombia. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*.

Ricciardi, P., Cillari, G., Carnevale Miino, M., & Collivignarelli, M. C. (2020, mayo). Valorization of agro-industry residues in the building and environmental sector: A review. https://doi.org/10.1177/0734242X20904426

Rico Lugo, S. D., Du, B., de Almeida, J. A., & Nishino, N. (2023). A CIRCULAR FOOD ECONOMY MULTICRITERIA DECISION PROBLEM BASED ON THE FITRADEOFF METHOD. *Pesquisa Operacional*, *43*(spe1). https://doi.org/10.1590/0101-7438.2023.043spe1.00263528

Rico Lugo, S. D., Kimita, K., & Nishino, N. (2023, junio). Characteristics of decision process towards circular food economy: A review. https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100104

Saaty, T. L. (2004). *FUNDAMENTALS OF THE ANALYTIC NETWORK PROCESS-DEPENDENCE AND FEEDBACK IN DECISION-MAKING WITH A SINGLE NETWORK* (inf. téc. N.º 2).

Santeramo, F. G., & Lamonaca, E. (2021). Food loss–food waste–food security: A new research agenda. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(9). https://doi.org/10.3390/su13094642

Seuring, S., Aman, S., Hettiarachchi, B. D., de Lima, F. A., Schilling, L., & Sudusinghe, J. I. (2022, marzo). Reflecting on theory development in sustainable supply chain management. https://doi.org/10.1016/j.clscn.2021.100016

Sun, X., Dou, Z., Shurson, G. C., & Hu, B. (2024). Bioprocessing to upcycle agro-industrial and food wastes into high-nutritional value animal feed for sustainable food and agriculture systems. *Resources, Conservation and Recycling*, *201*. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107325

Tang, W., Hu, J., Zhang, H., Wu, P., & He, H. (2015). Kappa coefficient: a popular measure of rater agreement. *Shanghai Archives of Psychiatry*, *27*(1), 62-67. https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.215010

Trieflinger, S., Munch, J., Bogazkoy, E., Eissler, P., Schneider, J., & Roling, B. (s.f.). *How to prioritize your product roadmap when everything feels important: A grey literature review.Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2021 -*

Proceedings, June. (inf. téc.). https://doi.org/10.1109/ICE/ITMC52061.2021.9570243

Van der Vorst, J. G. A. J., Da Silva, C. A., & Trienekens, J. H. (2007). *Agro-industrial supply chain management: concepts and applications. Agricultural Management, Marketing and Finance Occasional Paper* (inf. téc.).

World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future* (inf. téc.).

Yontar, E. (2023). Critical success factor analysis of blockchain technology in agri-food supply chain management: A circular economy perspective. *Journal of Environmental Management*, *330*. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117173