

Análisis de la dinámica del precio del arroz paddy en Colombia: efectos sistémicos en la productividad agrícola y la competitividad logística de la industria molinera (2015-2025)

Jorge Andrés Valenzuela Méndez, Mishelle Dayana Villar Sánchez y Federico José

Verdooren Gámez

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Gerencia de la Productividad y de las Operaciones Logísticas

Director

Pablo Andrés Pérez Gutiérrez

Magister en Administración

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Facultad de Ingeniería Industrial

Especialización en Gerencia de la Productividad y de las Operaciones Logísticas

2026

Dedicatoria

A nuestros padres, por su amor incondicional, por enseñarnos con el ejemplo el valor de la responsabilidad, la honestidad y la pulcritud en cada paso que damos. Gracias a ellos hemos podido construir caminos firmes y alcanzar metas que alguna vez parecieron lejanas.

A nuestras parejas, esposos, esposas e hijos, quienes son nuestra razón de ser, nuestro motor diario y el motivo más profundo para seguir creciendo. Cada logro alcanzado en este proceso también les pertenece, porque han estado allí, con su apoyo silencioso, con su paciencia y su amor constante.

Y finalmente, a nuestro equipo de trabajo, porque detrás de cada página escrita hubo noches largas, dudas, cansancio, pero también hubo pasión, entrega, compañerismo y un compromiso genuino con aportar algo valioso a nuestra Colombia y a su gente. Porque ser profesional no es solo llevar un título, es hacer las cosas con el corazón, con propósito y con la esperanza de transformar nuestro entorno.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Dios por darnos la salud, la fuerza, la sabiduría y la claridad para avanzar en esta investigación.

A nuestras familias, por ser mi pilar incondicional. A nuestros padres por enseñarme el valor del esfuerzo y por confiar en nuestras habilidades. Gracias por cada palabra de aliento y por darnos siempre el impulso para seguir adelante.

A la docente Karin Julieth Aguilar Imitola y el director de proyecto Pablo Pérez Gutiérrez, por la asesoría pertinente que nos brindaron; a pesar del corto tiempo, nos entregó unas herramientas valiosas para sacar este trabajo adelante y mejorar cada día más. Gracias por acompañarnos en este proceso con sabiduría y cercanía.

Finalmente, agradecemos profundamente a la Universidad Santo Tomás por brindarnos las herramientas necesarias para desarrollar esta investigación. Las plataformas académicas, los recursos documentales y el acceso a bases de datos han sido fundamentales para avanzar con rigurosidad y respaldo. También es justo resaltar la calidad humana y profesional de los docentes, quienes, con su acompañamiento cercano y sus valiosos aportes, han hecho de este proceso una verdadera experiencia de aprendizaje.

Contenido

Introducción	15
1. Análisis de la dinámica en el precio del arroz paddy en Colombia: efectos sistémicos en la productividad agrícola y la competitividad logística de la industria molinera (2015–2025)	17
1.1 Planteamiento del problema.....	17
1.2 Justificación.....	19
1.2 Objetivos	22
1.3.1 Objetivo general	22
1.3.2 Objetivos específicos.....	22
2. Marco referencial	23
2.1 Marco teórico	23
2.1.1 El arroz paddy y la producción arroceras.....	24
2.2 Marco conceptual	27
2.2.1 El arroz paddy.....	27
2.2.2 Fijación de precios.....	27
2.2.3 Productividad agrícola.....	28
2.2.4 Cadena de suministro agroindustrial	28
2.2.5 Competitividad logística.....	28
2.2.6 Inventario.....	29
2.2.7 Incertidumbre en la cadena de suministro	29
2.3 Marco legal.....	29
3. Método	32
3.1 Tipo de investigación	33

3.2 Técnicas y herramientas de recolección de información	33
3.3 Fuentes de información	34
3.3.1 Observación directa	34
3.3.2 Documentación interna del molino	35
3.3.3 Fuentes secundarias	35
3.4 Población y muestra	35
3.5 Aporte novedoso	36
4. Resultados	37
4.1 Diagnóstico de la dinámica de precios y procesos logísticos de la industria molinera.....	37
4.1.1 Análisis histórico de la dinámica de precios del arroz paddy (2015–2025).....	38
4.1.2 Caracterización de los procesos logísticos clave en la industria molinera	45
4.1.4 Análisis micro contexto 5 fuerzas de Porter	51
4.1.5 Diagnóstico integral: interacción entre precio, producción y logística	54
4.2 Análisis multicriterio la incidencia de las variables económicas y logísticas de la industria arrocera colombiana, como segundo objetivo	57
4.2.1 Actuación frente a los resultados analíticos del diagnóstico	58
4.2.2 Matriz multicriterio.....	66
4.2.3 Correlación de los análisis multicriterio	70
4.3 Construcción de propuesta y sus estrategias, según objetivo tres	76
4.3.1 Sistematización de hallazgos	76
4.3.2 Buenas prácticas agroindustriales del arroz en otros países	76
4.3.3 Propuesta de mejoras en la logística del arroz paddy	84
5. Discusión.....	90

6. Conclusiones	95
Referencias.....	98

Lista de tablas

Tabla 1. Fases del proyecto.....	37
Tabla 2. Precios promedio mensual por tonelada del arroz paddy 2015-2025	39
Tabla 3. Diagnóstico de precios.....	44
Tabla 4 Diagnóstico integral.....	54
Tabla 5. Matriz DOFA y estrategias resultantes	56
Tabla 6. Análisis PMBOK sobre la logística en la cadena de suministros del arroz paddy	59
Tabla 8. Propósitos y metas del plan de mejoramiento de la logística del arroz paddy	84
Tabla 9. Sistema de indicadores para la propuesta en logística del arroz paddy 2026	86
Tabla 10. Dirección y estrategias ante el plan de mejoramiento 2026	87
Tabla 11. Plan de acción operativo del 2026	88
Tabla 12. Seguimiento y valoración del plan.....	89

Lista de figuras

Figura 1. Precio promedio mensual del arroz paddy verde en Colombia (2022–2025)	20
Figura 2. Evolución del precio promedio anual nacional del arroz paddy (2015–2025).....	41
Figura 3. Macroproceso logístico del arroz paddy en cuanto a aspectos críticos	47
Figura 4. Factores y su impacto (logística arroz paddy).....	48
Figura 5. Análisis las 5 fuerzas de Porter	52
Figura 6. Matriz multicriterio	67
Figura 7. Dominancia de las variables económicas	70
Figura 8. Ranking de criticidad por factor	72
Figura 9. Matriz de calor: intersecciones críticas	74

Lista de apéndices

Apéndice A. Rejilla de revisión bibliográfica.....	108
--	-----

Resumen

La presente monografía aborda un desafío crítico para la agroindustria arroceras colombiana: el impacto de la fijación del precio del arroz paddy sobre la productividad agrícola y la competitividad logística de los molinos. En un contexto marcado por tensiones entre productores e industriales, variabilidad de precios, altos costos operativos y el afrontamiento de factores complejo signados por la incertidumbre; de ahí que este estudio busca analizar la dinámica del precio del arroz paddy en Colombia, en cuanto a los efectos sistémicos en la productividad agrícola y la competitividad logística de la industria molinera (2015-2025). La investigación, desarrollada con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), toma como foco de análisis el Molino Federal, ubicado en Ibagué – Tolima, donde se analizan datos históricos, rastreo de datos estadísticos y normativos nacionales para las matrices analíticas y revisión bibliográfica, lo cual implicó el apoyo en software estadísticos como el excel y consulta en plataformas indexadas acompañado de rejilla para la sistematización de los datos. Este trabajo representa un aporte académico y práctico para el sector arroceras soportado en un análisis exhaustivo generador de una visión de prácticas agroindustriales del arroz exitosas, sumados a un marco lógico donde se desarrolla la propuesta bien estructurada enfocada a las funciones de FEDEARROZ encuadrada en el segundo semestre del 2026 y que debe tener continuidad al 2027, con el fin de mitigar los efectos negativos de factores externos y generar mayor valor en entornos desafiantes y en beneficio del sector productivo.

Palabras clave: arroz paddy, precio, efectos, productividad, competitividad, logística.

Abstract

This monograph addresses a critical challenge for the Colombian rice agro-industry: the impact of paddy rice pricing on agricultural productivity and the logistical competitiveness of mills. In a context marked by tensions between producers and processors, price variability, high operating costs, and the management of complex factors characterized by uncertainty, this study seeks to analyze the dynamics of paddy rice prices in Colombia, focusing on their systemic effects on agricultural productivity and the logistical competitiveness of the milling industry (2015-2025). The research, developed with a mixed-methods approach (quantitative and qualitative), focuses on the Molino Federal mill, located in Ibagué, Tolima. Historical data, national statistical and regulatory data for analytical matrices, and a literature review were analyzed, which involved the use of statistical software such as Excel and consultation of indexed platforms, along with a grid for data systematization. This work represents an academic and practical contribution to the rice sector, supported by an exhaustive analysis that generates a vision of successful agro-industrial rice practices, along with a logical framework where the well-structured proposal focused on the functions of FEDEARROZ is developed, framed in the second half of 2026 and which should continue into 2027, in order to mitigate the negative effects of external factors and generate greater value in challenging environments and for the benefit of the productive sector.

Keywords: paddy rice, price, effects, productivity, competitiveness, logistics.

Glosario

Análisis multicriterio: metodología de apoyo a la toma de decisiones que permite evaluar diferentes alternativas a partir de múltiples criterios económicos, logísticos y operativos, asignando ponderaciones según su nivel de impacto y relevancia dentro de un sistema complejo (Saaty, 2008; Belton & Stewart, 2002).

Arroz Paddy: grano de arroz recién cosechado que conserva su cáscara o gluma, constituyendo la materia prima básica para la industria molinera antes de los procesos de secado, pilado y pulido (Fedearroz, 2023).

Cadena de suministro agroindustrial: conjunto de actividades integradas que abarcan desde la producción primaria agrícola hasta la transformación industrial y la distribución del producto final al consumidor, incluyendo flujos de información, materiales y recursos financieros (Chopra & Meindl, 2019).

Capital de trabajo: recursos financieros que una empresa requiere para sostener su operación diaria, especialmente relevantes para cubrir costos de adquisición de materia prima, almacenamiento e inventarios en la industria molinera (Gitman & Zutter, 2015).

Competitividad logística: capacidad de una empresa o sector para gestionar de manera eficiente sus procesos logísticos, reduciendo costos, tiempos y riesgos, y mejorando el nivel de servicio dentro de la cadena de suministro (Ballou, 2004).

Eficiencia operativa: relación entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos en los procesos productivos y logísticos, orientada a maximizar el rendimiento y minimizar desperdicios y reprocesos (Heizer & Render, 2020).

Fijación de precios: proceso mediante el cual se establece el valor monetario de un producto, influenciado por condiciones de oferta y demanda, políticas públicas y acuerdos

sectoriales, particularmente relevante en productos agrícolas regulados como el arroz paddy (Krugman & Obstfeld, 2018).

Gestión de inventarios: conjunto de políticas y prácticas destinadas a determinar la cantidad óptima de productos almacenados, con el fin de garantizar continuidad operativa y minimizar costos financieros y logísticos (Chopra & Meindl, 2019).

Gobernanza colaborativa: modelo de coordinación entre actores públicos y privados de una cadena productiva que busca alinear intereses, reducir conflictos y fortalecer la toma de decisiones colectivas en contextos de alta complejidad (North, 1993).

Industria molinera: sector agroindustrial encargado de la transformación del arroz paddy en arroz blanco apto para el consumo humano, mediante procesos de secado, trilla, clasificación y empaque (Muñoz, 2019).

Incertidumbre en la cadena de suministro: situación en la que los actores enfrentan dificultad para anticipar variables clave como precios, demanda o abastecimiento, afectando la planeación y estabilidad operativa (Christopher, 2016).

Logística agroindustrial: sistema de planificación, ejecución y control de los flujos físicos y de información asociados a productos agrícolas, desde el campo hasta los centros de transformación y distribución (Banco Interamericano de Desarrollo BID, 2022).

Precio promedio nacional: valor medio del precio del arroz paddy calculado a partir de registros oficiales del mercado, utilizado como referencia para el análisis económico y logístico del sector (Bolsa Mercantil de Colombia, 2023).

Productividad agrícola: indicador que mide la eficiencia en el uso de los factores productivos (tierra, trabajo, capital e insumos) para la obtención de producción agrícola, reflejando el desempeño técnico del agricultor (Cataño, 2011).

Productividad logística: capacidad de los procesos logísticos para generar valor mediante el uso eficiente de recursos, infraestructura y coordinación operativa a lo largo de la cadena de suministro (Ballou, 2004).

Volatilidad de precios: variación significativa y recurrente del precio de un producto en el tiempo, generando riesgos financieros y operativos para los actores de la cadena productiva (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2021).

Introducción

Hablar del arroz en Colombia es adentrarse en temas como: Tradición, trabajo en el campo y de familia. Es evocar esas madrugadas de los agricultores, el olor del arroz recién cocido en las cocinas del país, y los caminos que conectan la tierra con los molinos. Pero también es hablar de incertidumbre, de decisiones que se toman lejos del cultivo y de una cadena logística que muchas veces carga con las consecuencias de una estructura de precios que no siempre favorece a todos.

En medio de ese panorama nace esta investigación, impulsada por una inquietud muy real: ¿qué tanto afecta la forma en que se fija el precio del arroz paddy a la eficiencia y productividad de quienes lo procesan? Esta no es solo una pregunta académica, es una preocupación que surge desde la experiencia vivida, desde el contacto directo con quienes enfrentan día a día los efectos de decisiones que parecen externas pero que tienen un impacto profundo en su trabajo.

Este trabajo busca comprender cómo se relaciona ese precio con la logística, cómo una cifra negociada entre gremios, productores y gobierno termina marcando el ritmo del abastecimiento, los inventarios, la planeación y la operación de los molinos. Para ello se toma como caso el Molino Federal, ubicado en Ibagué, Tolima, una empresa que representa los retos que vive hoy el sector arrocero en el país.

La investigación tiene un enfoque mixto, combinando datos estadísticos con testimonios de quienes conocen el proceso desde adentro. La intención no es solo mostrar resultados, sino escuchar, entender y proponer. Porque detrás de cada número hay historias, y detrás de cada decisión hay procesos que afectan directamente a muchas personas.

Este trabajo no busca dar respuestas definitivas, pero sí abrir el camino para pensar en soluciones posibles. Es una invitación a reflexionar sobre cómo hacer más eficiente y justa una

cadena productiva que alimenta a millones y que representa el esfuerzo de tantas familias colombianas.

1. Análisis de la dinámica en el precio del arroz paddy en Colombia: efectos sistémicos en la productividad agrícola y la competitividad logística de la industria molinera (2015–2025)

1.1 Planteamiento del problema

¿Cómo incide la dinámica del precio del arroz paddy en Colombia, en cuanto a los efectos sistémicos en la productividad agrícola y la competitividad logística de la industria molinera (2015-2025)?

El arroz es uno de los productos agrícolas más importantes para Colombia, tanto por su papel en la dieta de la población como por su peso en la economía rural. Su cultivo tiene raíces históricas que se remontan al periodo colonial, pero fue a partir del siglo XX cuando adquirió un lugar destacado gracias a los avances en mecanización, expansión de distritos de riego y políticas de apoyo al sector. Según Cataño (2011), el desarrollo del cultivo y la transformación del arroz en Colombia han estado directamente ligados a los procesos de modernización del campo y a los esfuerzos del Estado por garantizar el abastecimiento interno. Esta evolución ha convertido al arroz paddy en la base de una agroindustria estructurada, con alto grado de tecnificación, pero también con múltiples desafíos productivos y logísticos.

Actualmente, la agroindustria arroceras constituye un componente esencial del desarrollo rural y la seguridad alimentaria nacional. De acuerdo con el Informe de Gestión del Fondo Nacional del Arroz (Fedearroz, 2023), esta actividad genera empleo e ingresos para miles de familias en regiones clave como Tolima, Huila, Meta y Cesar. No obstante, durante los últimos años se han evidenciado aumentos significativos en los costos de producción, lo que refleja un entorno cada vez más complejo tanto para los agricultores como para los industriales encargados del procesamiento del grano.

Uno de los aspectos que más ha influido en esta dinámica es la fijación del precio del arroz paddy, mecanismo que busca proteger el ingreso del productor, pero que también ha generado impactos importantes en la cadena de valor. La volatilidad de los precios ha afectado las decisiones de siembra y la eficiencia en el uso de recursos, disminuyendo la productividad agrícola. Un informe de la Bolsa Mercantil de Colombia (2023) reveló que, en 2022, el precio del paddy fue casi un 95 % más alto que en el mismo periodo del año anterior, lo que presionó los márgenes financieros de los molinos, que deben operar con mayores costos y responder a estándares logísticos cada vez más exigentes.

Estas tensiones se agudizaron durante el paro arrocero de julio de 2025, cuando los productores manifestaron que el precio ofrecido por los industriales no cubría sus costos reales, solicitando una fijación mínima que oscilara entre los \$205.000 y los \$220.000 pesos por carga, frente a ofertas del mercado entre \$170.000 y \$185.000 pesos (El País, 2025). Esta diferencia desencadenó bloqueos, interrupciones en la cadena de suministro y dificultades operativas para los molinos. Como respuesta, el Ministerio de Agricultura expidió una resolución que sometió el precio del arroz paddy a un régimen de libertad regulada. Aunque la medida buscaba equilibrar los intereses de todos los actores, gremios como la Cámara Induarroz advirtieron que podría generar sobreoferta y comprometer la viabilidad económica del procesamiento industrial (El Colombiano, 2025).

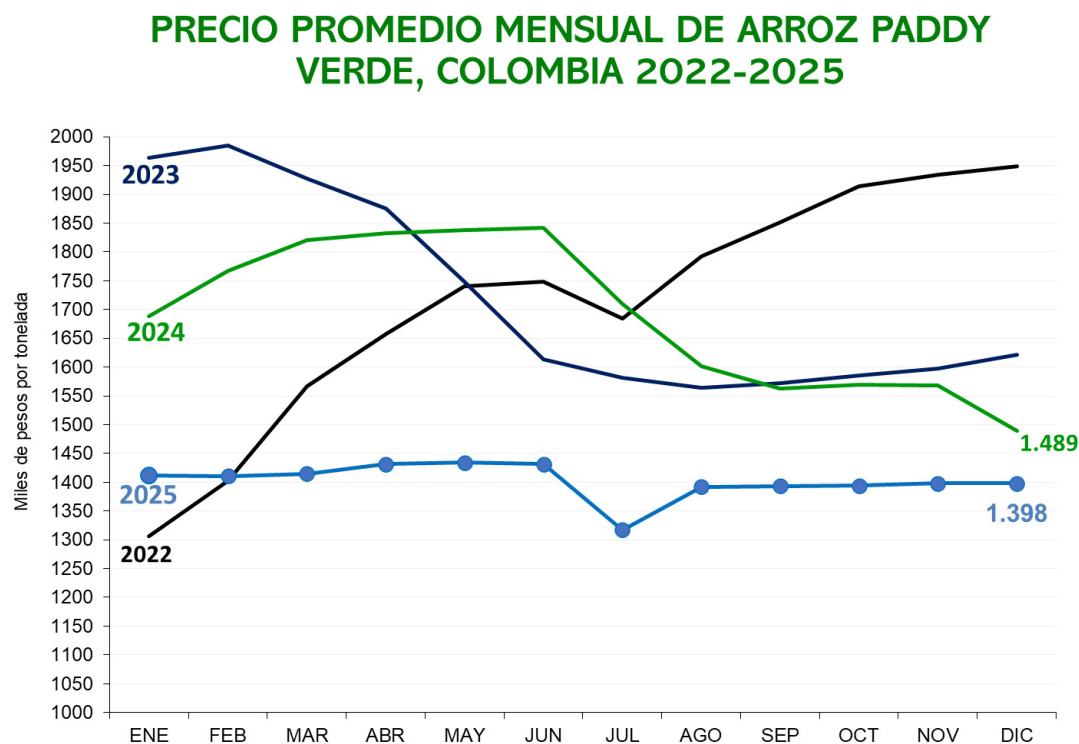
Además del componente económico, los molinos enfrentan retos logísticos estructurales: altos niveles de inventario, aumento en los costos energéticos, exigencias normativas en inocuidad, trazabilidad, calidad y la necesidad de responder de manera eficiente a un mercado cada vez más exigente. Por esta razón, el presente estudio tiene como propósito analizar cómo la fijación del precio del arroz paddy impacta tanto la productividad agrícola como la competitividad logística de

los molinos colombianos. Se busca identificar de qué manera este mecanismo influye en la eficiencia operativa, la toma de decisiones en la cadena de suministro y la sostenibilidad del sector, integrando una visión económica, técnica y logística. Además, el estudio pretende proponer acciones de mejora en el corto plazo, como el diseño de un modelo de planificación de compras y almacenamiento que permita reducir la acumulación innecesaria de inventario en los molinos, optimizando la gestión logística y minimizando los sobre costos derivados de la incertidumbre en el precio del arroz paddy.

1.2 Justificación

La investigación se centra en comprender cómo los desacuerdos en la fijación del precio del arroz paddy afectan los procesos logísticos y operativos de la agroindustria arrocería colombiana. A través de este análisis se busca identificar los puntos críticos de la cadena de suministro, particularmente en aspectos como la planificación de compras, gestión de inventarios y desempeño de los molinos, con el fin de proponer alternativas que contribuyan a una mayor eficiencia operativa.

Este estudio responde a una problemática real y vigente que ha venido afectando a agricultores, industriales y consumidores. La falta de acuerdos claros entre productores e industriales ha generado bloqueos, acumulación de inventarios, sobre costos logísticos y tensiones en la programación de actividades, especialmente en los departamentos de mayor producción. Por ello, aportar elementos de análisis sobre esta situación permite entender sus causas y consecuencias desde una mirada operativa, técnica y práctica.

Figura 1. Precio promedio mensual del arroz paddy verde en Colombia (2022–2025)

Nota. Elaboración propia con base en Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado ENAM y Ministerio de Agricultura.

En coherencia con la problemática descrita, la gráfica permite evidenciar la marcada volatilidad del precio promedio mensual del arroz paddy verde en Colombia durante el periodo 2022–2025, con variaciones significativas entre meses y entre años consecutivos. Este comportamiento del mercado profundiza los desacuerdos entre productores e industriales y limita la capacidad de la industria molinera para planificar de manera eficiente sus compras, gestionar inventarios y programar sus procesos operativos. En consecuencia, la inestabilidad en el precio de la materia prima se traduce en sobrecostos logísticos, acumulación de inventarios y tensiones en la operación, especialmente en los departamentos con mayor participación productiva. Estas condiciones refuerzan la necesidad de analizar, desde una perspectiva logística y operativa, los

efectos de la dinámica del precio del arroz paddy sobre el desempeño de la agroindustria arrocera colombiana, eje central de la presente investigación.

Su desarrollo nace del interés por profundizar en una situación que, si bien ha sido abordada desde el enfoque económico o político, no siempre se analiza desde la perspectiva logística, que es fundamental para garantizar el abastecimiento y sostenibilidad del producto. A través de esta reflexión se pretende visibilizar cómo decisiones externas al área logística terminan teniendo efectos significativos sobre sus resultados, y cómo este tipo de análisis puede guiar mejores decisiones empresariales.

La importancia del tema trasciende el caso del arroz. Las conclusiones podrían servir de base para otras cadenas agroindustriales que enfrentan desafíos similares, como el café o el maíz, donde también existen tensiones entre producción, precios y logística. Por eso, el aporte de este trabajo no solo se limita al sector arrocero, sino que puede alimentar el debate sobre políticas públicas, modelos de comercialización y estrategias de planificación en diferentes contextos agrícolas.

Finalmente, este proyecto es valioso tanto para el sector productivo como para el entorno académico. A las organizaciones les ofrece una herramienta para revisar y mejorar sus prácticas logísticas ante escenarios de incertidumbre. A la universidad, le aporta un estudio con enfoque aplicado que conecta la teoría con la realidad del país. Además, contribuye al desarrollo profesional de quienes se forman en el área de la logística, al permitirles aplicar sus conocimientos a una problemática real del entorno productivo colombiano.

1.2 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general*

Analizar la dinámica del precio del arroz paddy en Colombia, en cuanto a los efectos sistémicos en la productividad agrícola y la competitividad logística de la industria molinera (2015-2025).

1.3.2 *Objetivos específicos*

- Caracterizar la dinámica de precios del arroz paddy colombiano y los procesos logísticos clave de la industria molinera, identificando factores económicos y operativos que condicionan la competitividad del sector arrocero en el país.
- Evaluar mediante un análisis multicriterio la incidencia de las variables económicas y logísticas de la industria arrocera colombiana sobre su productividad, de manera que se definan los puntos críticos que afectan su estabilidad. Analizar cómo esta incertidumbre impacta la productividad en la gestión de inventarios, abastecimiento y planificación de los molinos.
- Proponer un plan de mejoramiento con estrategias competitivas para la promoción de la articulación entre actores arroceros colombianos que faciliten el acceso a nuevos mercados. Proponer estrategias que permitan mejorar la eficiencia logística ante escenarios de variabilidad en el precio del arroz.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

En este apartado se presentan los principales enfoques teóricos, conceptuales y antecedentes relacionados con la dinámica del precio del arroz paddy, la productividad agrícola y la competitividad logística de la industria molinera en Colombia.

En concordancia con el propósito analítico de la presente monografía, el marco teórico se fundamenta en *tres variables centrales de carácter científico*, seleccionadas a partir de la revisión crítica de la literatura especializada y de la dinámica propia del sector arrocero colombiano. La primera variable corresponde a la dinámica del precio del arroz paddy, entendida como el comportamiento, la volatilidad y los mecanismos de formación del precio de la materia prima, condicionados por factores productivos, institucionales y de mercado. La segunda variable es la productividad de la industria molinera, asociada a la eficiencia técnica y operativa de los procesos de secado, almacenamiento y pilado, así como al uso óptimo de los recursos productivos. Finalmente, se aborda la competitividad logística de la cadena arrocera, concebida como la capacidad del sector para articular de manera eficiente los flujos físicos y de información, gestionar inventarios, transporte y almacenamiento, y responder a las exigencias del mercado en términos de costos, calidad y sostenibilidad. El abordaje conjunto de estas variables permite explicar las interrelaciones entre el comportamiento del mercado del arroz paddy, el desempeño productivo de los molinos y los desafíos logísticos que inciden en la competitividad del sector.

2.1.1 El arroz paddy y la producción arroceras

El arroz paddy es entendido como el grano de arroz cosechado, conocido también como arroz áspero, toda vez que está cubierto por la cáscara, y esta última desaparece generalmente por el proceso denominado molienda, que da lugar al grano descascarillado, el cual bajo esta presentación ya está habilitado para su consumo. El consumo de arroz en Colombia es esencial no solo por su relevancia dentro de la canasta básica familiar, sino también por su impacto en el desarrollo rural, la generación de empleo y el fortalecimiento de las cadenas productivas (Análisis situacional de la cadena productiva del arroz, 2020).

La producción de arroz en Colombia constituye un pilar fundamental de la seguridad alimentaria y la economía nacional. El cultivo se desarrolla en 211 municipios de 23 departamentos, generando cerca de 400.000 empleos agrícolas. No obstante, pese a su importancia interna, Colombia representa aproximadamente el 0,3 % de la producción mundial, lo que genera vulnerabilidad frente a las dinámicas del comercio internacional (Observatorio de Tierras, s.f.).

Según la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA, 2020), el arroz aporta alrededor del 5 % del PIB agropecuario y se concentra en cinco zonas arroceras principales: Bajo Cauca, zona Centro, Costa Norte, Llanos Orientales y Santanderes, donde operan más de 16.000 productores.

En términos de mercado, en 2023 la producción de arroz paddy verde superó los 3 millones de toneladas, con un consumo per cápita aproximado de 40 kg anuales. Para 2024, el mercado alcanzó un volumen cercano a 2.035 mil toneladas, con una proyección de crecimiento anual del 1,10 % para el periodo 2025–2034 (Mercado de Arroz en Colombia, s.f.).

Cadena de valor del arroz y desafíos logísticos. El concepto de cadena de valor, desarrollado en 1985, representa una forma sistemática de examinar todas las actividades que realizan las empresas y cómo interactúan entre sí. Puede ser análogo a un mapa detallado que muestra cada paso involucrado en la creación y entrega de un producto o servicio a los clientes. Por tanto, una cadena de valor desglosa las actividades de una empresa en partes estratégicamente relevantes para comprender el comportamiento de los costos y las fuentes de diferenciación existentes (Analuisa-Aroca, et al., 2022).

En el ámbito agrícola, la cadena de valor abarca todas las actividades necesarias para llevar los productos agrícolas desde su concepción hasta su consumo final. Es como seguir un rastro de actividad que comienza con la decisión de qué plantar y termina con la decisión de compra del consumidor en el supermercado. Cada paso de esta cadena tiene el potencial de agregar valor al producto final, haciéndolo más útil, accesible o atractivo para los consumidores (Analuisa-Aroca, et al., 2022).

En el caso específico del arroz, la cadena de valor está conformada por tres eslabones principales: producción primaria (arroz paddy verde), transformación industrial (molinos) y comercialización (mayoristas y minoristas). Esta estructura enfrenta múltiples desafíos, entre los que se destacan la baja adopción de semillas certificadas, limitada mecanización, deficiencias en infraestructura de secado y almacenamiento, y falta de armonización normativa con estándares internacionales (Compromiso, et al., s.f.).

Adicionalmente, los molinos arroceros presentan retos logísticos asociados a altos niveles de inventario, sobrecostos energéticos, dificultades en el transporte y exigencias regulatorias en calidad, inocuidad y trazabilidad. La variabilidad en el precio del arroz paddy intensifica estas

problemáticas al limitar la planificación eficiente de compras, almacenamiento y distribución (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia ANDI – Cámara Induarroz, 2025).

Teoría de precios y dinámica del arroz paddy. La fijación de precios en productos agrícolas como el arroz paddy constituye un mecanismo de regulación económica orientado a equilibrar los intereses de los actores de la cadena agroindustrial. En Colombia, este proceso se encuentra influenciado por políticas públicas, acuerdos gremiales y condiciones del mercado internacional.

Desde la teoría económica neoclásica, los precios se determinan a partir de la interacción entre la oferta y la demanda, influenciada por factores como los costos de producción, las preferencias del consumidor y la estructura del mercado (FasterCapital, s.f.). Conceptos como la elasticidad y el equilibrio de mercado permiten comprender cómo las variaciones en el precio del arroz paddy impactan la cantidad producida y demandada, así como la rentabilidad de productores y transformadores.

La Bolsa Mercantil de Colombia y el Ministerio de Agricultura han evidenciado que la volatilidad de precios afecta directamente la rentabilidad de los molinos. En escenarios de alza, los costos de adquisición de la materia prima aumentan, mientras que los precios del arroz blanco no siempre reflejan dicho incremento, reduciendo los márgenes operativos del sector industrial (Análisis producto arroz, s.f.).

Evidencia empírica y antecedentes investigativos. La literatura internacional y regional evidencia que la dinámica del precio del arroz paddy responde tanto a factores internos como externos de la cadena productiva. Galindo y Pérez (2025) señalan que los shocks climáticos influyen significativamente en la producción y generan una transmisión casi completa del precio del arroz paddy hacia el arroz blanco, afectando la estabilidad logística y los márgenes de la industria.

Por su parte, Troncoso (2019) concluye que el mercado colombiano del arroz presenta una alta exposición a las variaciones de precios internacionales, lo que limita la efectividad de las políticas internas de regulación y genera incertidumbre en la planificación productiva y logística.

En el contexto regional, Viteri y Zambran (2024) analizan el caso ecuatoriano y concluyen que la transmisión del precio del arroz paddy hacia el consumidor final está condicionada por la estructura de comercialización y las políticas sectoriales, generando efectos directos sobre la estabilidad del productor y la eficiencia de la cadena.

Finalmente, Muñoz (2019) demuestra que la productividad de los molinos de arroz depende en gran medida de la eficiencia de los procesos operativos, especialmente en las etapas de secado y pilado. La optimización de métodos y tiempos productivos contribuye a reducir pérdidas y fortalecer la competitividad dentro de la cadena arroceras.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 El arroz paddy

Es el grano de arroz que ha sido cosechado, pero que aún conserva su cáscara o gluma. Representa la materia prima fundamental para la industria molinera, ya que tras ser procesado da lugar al arroz blanco, que es el producto de consumo final. En Colombia, el arroz paddy se comercializa por carga (alrededor de 125 kg) y su precio está sujeto a regulaciones y acuerdos sectoriales (Fedearroz, 2023).

2.2.2 Fijación de precios

La fijación de precios se refiere al proceso mediante el cual se establece el valor monetario de un producto, ya sea por mecanismos de mercado o por intervención estatal. En el sector arroceras

colombiano, este proceso ha incluido esquemas de concertación, libertad vigilada y libertad regulada, con el objetivo de proteger al productor y garantizar abastecimiento al consumidor (Bolsa Mercantil de Colombia, 2023; El Colombiano, 2025).

2.2.3 Productividad agrícola

La productividad agrícola hace referencia a la relación entre los insumos utilizados en el proceso de producción (como tierra, agua, fertilizantes y mano de obra) y el volumen de grano obtenido. Este indicador refleja la eficiencia técnica del agricultor. Una mayor productividad implica un mejor aprovechamiento de los recursos, lo cual puede verse afectado por las expectativas de rentabilidad derivadas del precio del arroz paddy (Cataño, 2011).

2.2.4 Cadena de suministro agroindustrial

Es el conjunto de procesos integrados que van desde la producción primaria hasta el consumidor final. En el contexto del arroz, incluye cultivo, cosecha, transporte, almacenamiento, molienda y distribución. La eficiencia de esta cadena depende de una adecuada coordinación entre actores, disponibilidad de infraestructura y estabilidad en factores como precios y demanda (Chopra & Meindl, 2019).

2.2.5 Competitividad logística

La competitividad logística se refiere a la capacidad de una empresa o sector para gestionar de forma eficiente sus flujos físicos de bienes, información y recursos, reduciendo costos y tiempos, y aumentando el nivel de servicio al cliente. En el caso de los molinos arroceros colombianos, esta competitividad está condicionada por la disponibilidad de infraestructura, costos

de transporte, capacidad de almacenamiento y variabilidad en la recepción de materia prima (Ballou, 2004).

2.2.6 Inventario

El inventario representa la cantidad de producto almacenado en una organización en un momento dado. En los molinos de arroz, el inventario puede ser arroz paddy en espera de ser procesado o arroz blanco listo para distribución. La acumulación excesiva de inventarios puede generar sobrecostos logísticos, pérdidas por deterioro y problemas de liquidez (Chopra & Meindl, 2019).

2.2.7 Incertidumbre en la cadena de suministro

La incertidumbre en la cadena de suministro se manifiesta cuando los actores enfrentan dificultad para anticipar con precisión variables clave como la demanda, el suministro o los precios. Esta situación exige mayor flexibilidad y resiliencia operativa. En el sector arrocero colombiano, la incertidumbre sobre el precio del arroz paddy genera efectos en cascada sobre las decisiones de siembra, compra, almacenamiento y distribución (Christopher, 2016).

2.3 Marco legal

La regulación sobre el arroz paddy en Colombia está influenciada por múltiples normas que buscan equilibrar el desarrollo agrícola, la protección del productor, el funcionamiento del mercado y el fortalecimiento de la cadena agroindustrial.

En primer lugar, la Ley 101 de 1993, conocida como la Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero, que constituye la base del accionar estatal en el sector rural. Esta norma

reconoce al agricultor como sujeto de especial protección, y promueve mecanismos para mejorar la rentabilidad de la producción, entre ellos, la intervención en precios cuando se identifiquen condiciones adversas del mercado. Esta ley también dio origen al Sistema Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria y creó instrumentos como el Incentivo a la Capitalización Rural (ICR), que ha beneficiado a muchos productores de arroz.

En cuanto al régimen de precios, la Comisión Nacional de Precios de Insumos Agropecuarios (CPIA), creada por el Decreto 1071 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del sector agropecuario), tiene la responsabilidad de analizar y proponer medidas para evitar abusos en la formación de precios de productos básicos, como el arroz. Esta entidad articula al Ministerio de Agricultura, al Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, al Ministerio de Comercio, y a la Superintendencia de Industria y Comercio, y emite lineamientos que afectan directamente la negociación entre arroceros y molinos.

Desde el punto de vista comercial y logístico, la Ley 1255 de 2008, que regula la comercialización de productos agropecuarios, promueve la transparencia en las relaciones entre agricultores e industriales, e incluye principios como el pago oportuno, la trazabilidad de los productos y el fortalecimiento de los centros de acopio y transformación. Esta norma busca reducir las asimetrías de poder en la cadena, algo que se hace especialmente visible en el caso del arroz, donde muchos agricultores dependen de uno o dos compradores cercanos.

Asimismo, el Código de Comercio colombiano (Decreto 410 de 1971) es relevante en cuanto a las relaciones contractuales entre productores y molinos, particularmente en los aspectos relacionados con compraventas, obligaciones de entrega, calidad del producto, y condiciones logísticas de transporte y almacenamiento. También se aplican principios de derecho privado en los acuerdos de fijación de precio, siempre y cuando no contradigan normas superiores.

Por otra parte, se debe considerar la normativa relacionada con infraestructura y logística, como la Ley 1682 de 2013, que promueve el desarrollo de proyectos de transporte y facilita la articulación entre zonas rurales y centros de transformación. Esta ley, junto con los lineamientos del Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI), impacta directamente la competitividad logística de los molinos arroceros.

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026, que dentro del eje de “Transformación del campo colombiano”, promueve la inclusión de los pequeños y medianos productores en los circuitos de valor. Este plan también impulsa el fortalecimiento de las cadenas agroindustriales, incluyendo el arroz, y fomenta estrategias de asociatividad y comercialización directa, lo cual tiene implicaciones sobre cómo se fijan los precios y se estructuran los canales logísticos.

Otro instrumento relevante es la Política Nacional Logística (Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES 3982 de 2020), que tiene como objetivo mejorar la eficiencia de la logística nacional y regional. Aunque esta política tiene un enfoque general, su implementación en zonas rurales puede generar condiciones más competitivas para los molinos, especialmente en términos de infraestructura, transporte multimodal y acceso a servicios logísticos integrales.

En el ámbito tributario, también es importante mencionar la Ley 2277 de 2022 (Reforma Tributaria), que incluye incentivos para el agro, como exenciones o deducciones para proyectos productivos rurales y alianzas productivas. Aunque estos beneficios no son exclusivos para el arroz, podrían tener un impacto positivo en los costos de producción y, por tanto, en la competitividad del sector molinero.

Adicionalmente, existen normas de carácter técnico que se relacionan con la calidad del producto, como las resoluciones del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) y los parámetros del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y

Certificación ICONTEC, que establecen los criterios para la comercialización del arroz blanco, tanto en empaque como en etiquetado, estándares de humedad, grano partido, impurezas, entre otros. Aunque estas disposiciones son posteriores a la transformación industrial del arroz paddy, su cumplimiento implica responsabilidades logísticas para los molinos.

Por último, la dimensión internacional. Si el arroz en Colombia tiene una fuerte protección arancelaria, el país es miembro de la Organización Mundial del Comercio (OMC) y firmante de acuerdos como el Tratado de Libre Comercio TLC con Estados Unidos (vigente desde 2012), que establece reglas sobre comercio agrícola. Estos compromisos imponen condiciones de competitividad para los molinos nacionales y pueden limitar la intervención estatal en precios, especialmente si se considera la liberalización paulatina del mercado.

3. Método

Acorde con la investigación propuesta, se ha optado por un enfoque mixto, en el cual se integran herramientas cuantitativas y cualitativas (Hernández y Mendoza, 2018). Esta decisión se fundamenta en la necesidad de comprender, por un lado, el comportamiento cuantificable de las variables operativas (inventarios, tiempos logísticos, precios, entre otros) y, por otro, los significados, experiencias y percepciones de los actores involucrados (agricultores, Estado, molino, transportadores, entre otros), quienes generalmente no se ven reflejados en los datos estadísticos, pero cuya voz resulta fundamental para comprender el fenómeno foco de estudio (Hernández y Mendoza, 2018).

La investigación presenta un alcance descriptivo y explicativo, dado que busca identificar los procesos logísticos más afectados por la variabilidad en los precios del arroz paddy y explicar cómo dicha variabilidad incide en la eficiencia de la cadena productiva. El diseño metodológico

adoptado es el de estudio de caso, centrado en la experiencia de una empresa molinera representativa del sector, Federal S.A.S, ubicada en Colombia, cuyo modelo operativo refleja los retos estructurales comunes de la agroindustria arrocera nacional.

3.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo no experimental, ya que no se manipulan deliberadamente las variables de estudio, sino que se observan tal como ocurren en su entorno natural. Asimismo, corresponde a un estudio transversal, en la medida en que la recolección de la información se realizará en un periodo específico del ciclo de comercialización del arroz, correspondiente al segundo semestre del año 2025, permitiendo obtener una visión clara de la situación actual del sector.

3.2 Técnicas y herramientas de recolección de información

Desde el enfoque cualitativo, se emplearán entrevistas semiestructuradas dirigidas al gerente logístico, operarios de planta, agricultores aliados identificados como AAA y transportadores fidelizados, todos ellos pertenecientes a la comunidad del molino Federal S.A.S. Las entrevistas contarán con un contenido acorde al rol de cada actor, lo que permitirá comprender sus motivaciones, responsabilidades y percepciones frente a la variabilidad del precio del arroz paddy. Este tipo de instrumento facilita la profundización en temas relevantes a partir de la experiencia particular de cada entrevistado (Hernández y Mendoza, 2018).

De igual manera, se elaborará una bitácora de campo, en la cual se registrarán observaciones, esta técnica permite cualificar reacciones y reflexiones surgidas durante las visitas

a la planta del molino Federal constituyéndose en un insumo clave para el análisis cualitativo (Hernández y Mendoza, 2018).

En cuanto al componente cuantitativo, se analizarán indicadores de productividad logística, datos contables, reportes de inventarios y registros de compras de arroz paddy correspondientes a las últimas cinco cosechas. Esta información tipo base de datos sujeta a una revisión documental con enfoque cuantitativo (Hernández y Mendoza, 2018), datos que tienen por responsable de suministro el Molino Federal S.A.S y se organizará mediante matrices comparativas y gráficos de evolución, con el fin de identificar tendencias, correlaciones y variaciones en las principales variables operativas.

3.3 Fuentes de información

El estudio se aplicará de manera particular en el Molino Federal S.A.S, empresa del sector arrocero ubicada en la meseta del Tolima, Colombia, la cual experimenta de forma directa los impactos generados por la variabilidad del precio del arroz paddy.

Las fuentes primarias permitirán conocer de primera mano las realidades del sector desde la perspectiva de los actores que participan activamente en la cadena productiva del arroz:

3.3.1 Observación directa

Se realizarán visitas al molino Federal S.A.S para observar en sitio los procesos logísticos y de abastecimiento, permitiendo identificar cómo las decisiones asociadas al precio impactan la planificación operativa, la gestión de inventarios, los tiempos de respuesta y el clima organizacional. Se crea una ficha para tal efecto acorde a los requerimientos del estudio (Ver apéndice A).

3.3.2 Documentación interna del molino

Registros históricos de abastecimiento, reportes de inventarios, cronogramas de producción y balances operativos, los cuales permitirán contrastar la información cualitativa con datos cuantitativos, revisión documental con rejilla adecuada al ejercicio (Ver apéndice B).

3.3.3 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias brindarán el soporte teórico, conceptual y estadístico necesario para sustentar los análisis del estudio:

Libros académicos y técnicos. Obras como *Logística empresarial* de Ronald Ballou (2021), *Gestión de operaciones* de Heizer y Render (2020), y literatura especializada en economía agrícola.

Artículos científicos y trabajos académicos. Estudios de caso, tesis y artículos relacionados con logística agroindustrial, incertidumbre en precios y productividad.

Reportes oficiales y estadísticas. Información del DANE, Ministerio de Agricultura y FEDEARROZ, que permitirá contextualizar el caso de estudio a nivel nacional.

Normativa legal y política pública. Leyes, decretos y planes estratégicos relacionados con la regulación de precios agrícolas, desarrollo rural y logística nacional.

3.4 Población y muestra

La unidad de análisis de la investigación es el molino Federal S.A.S, el cual opera en un contexto de alta sensibilidad frente a la variabilidad del precio del arroz paddy. La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico, bajo criterios de conveniencia, que según

Hernández y Mendoza (2018) deben obedecer a criterios claros donde prima la representatividad sectorial, además, acorde a las necesidades documentales propias de los proyectado en el presente estudio.

Criterios de inclusión:

- Documentación claramente legible
- Identificación documental archivística plena para garantizar su fiabilidad
- Acceso digital de páginas oficiales
- Datación reciente
- O en el marco de tiempo requerido para el análisis en líneas de tiempo

Criterios de exclusión:

- Documentación sin legibilidad o deteriorada en su material físico
- Provenientes fuera de los archivos o páginas oficiales

3.5 Aporte novedoso

El presente estudio busca generar un aporte científico y social al analizar una problemática estructural poco explorada en el sector arrocero colombiano: la falta de acuerdos sostenibles en la fijación del precio del arroz paddy. Desde el ámbito científico, se propone una visión integral que articula variables logísticas, económicas y sociales, permitiendo el diseño de estrategias basadas en evidencia que podrían ser replicables en otras agroindustrias.

Desde lo social, se espera que los resultados sirvan como insumo para el diálogo entre productores, molineros y entidades públicas, promoviendo decisiones más justas, eficientes y sostenibles para toda la cadena productiva del arroz.

En coherencia con la metodología propuesta, el desarrollo del estudio permitirá dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados.

Tabla 1. *Fases del proyecto*

Objetivo específico	Actividades	Resultado esperado
Caracterizar la dinámica de precios del arroz paddy colombiano y los procesos logísticos clave de la industria molinera, identificando factores económicos y operativos que condicionan la competitividad del sector arrocerero en el país.	- Solicitud y revisión documental. - Análisis histórico de precios del arroz paddy verde desde el 2015 - Caracterización de procesos logísticos claves en el campo y en la industria molinera de arroz. -Identificación de factores económicos y operativos en la industria molinera.	Informe diagnóstico de la dinámica de precios del arroz paddy (2015-2025).
Evaluar mediante un análisis multicriterio la incidencia de las variables económicas y logísticas de la industria arrocerera colombiana sobre su productividad, de manera que se definan los puntos críticos que afectan su estabilidad.	- Análisis PMBOK para manejo de proyectos -Establecer matriz de análisis multicriterio. -Análisis de correspondencia (mapeo)	Identificación de variables críticas
Proponer un plan de mejoramiento con estrategias competitivas para la promoción de la articulación entre actores arroceros colombianos que faciliten el acceso a nuevos mercados. Proponer estrategias que permitan mejorar la eficiencia logística ante escenarios de variabilidad en el precio del arroz.	- Sistematización de hallazgos. - Revisión de buenas prácticas en otras agroindustrias. - Redacción de propuestas concretas adaptadas al caso de colombiano.	Documento con estrategias logísticas viables, priorizadas según impacto, costo y posibilidades.

4. Resultados

4.1 Diagnóstico de la dinámica de precios y procesos logísticos de la industria molinera

El presente capítulo desarrolla el primer objetivo específico orientado a caracterizar la dinámica de precios del arroz paddy colombiano y los procesos logísticos clave de la industria molinera, identificando los factores económicos y operativos que condicionan la competitividad del sector arrocerero en el país. El análisis se estructura desde una perspectiva sistémica, entendiendo

que la productividad y competitividad del sector no dependen exclusivamente del comportamiento del precio, sino de la interacción entre variables productivas, logísticas, financieras y organizacionales, cuyo soporte teórico es responsivo a revisión de prácticas positivas en otras agroindustrias.

4.1.1 Análisis histórico de la dinámica de precios del arroz paddy (2015–2025)

Fuente y metodología. Se utilizaron las series históricas de precios promedio nacionales del arroz paddy correspondientes al periodo 2015–2025, consolidadas a partir de los registros oficiales del Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA – Molinos).

El análisis se desarrolló mediante herramientas de estadística descriptiva, representación gráfica de tendencias y análisis comparativo interanual, permitiendo identificar patrones de comportamiento, ciclos de volatilidad y cambios estructurales en el mercado.

Tabla 2. *Precios promedio mensual por tonelada del arroz paddy 2015-2025*

Precios promedio mensual del arroz, Colombia, 2015-2025											
MES	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ENE	1.194.595	1.373.786	1.051.036	875.371	961.286	1.415.971	1.077.714	1.306.661	1.963.842	1.688.000	1.411.629
FEB	1.416.816	1.424.750	1.055.286	895.089	985.000	1.585.857	1.035.857	1.402.714	1.985.000	1.767.000	1.410.786
MAR	1.345.429	1.323.905	1.058.143	910.929	993.571	1.598.071	1.024.286	1.567.286	1.927.457	1.820.000	1.414.821
ABR	1.292.914	1.248.393	1.003.071	919.643	1.010.408	1.612.400	1.023.929	1.658.119	1.875.571	1.832.000	1.431.457
MAY	1.212.786	1.109.143	991.679	944.357	1.024.171	1.607.643	997.250	1.740.714	1.748.428	1.838.000	1.434.286
JUN	1.123.607	1.089.429	957.339	950.000	1.049.071	1.427.143	982.086	1.748.357	1.613.186	1.842.000	1.431.429
JUL	1.093.429	1.083.607	917.229	936.536	1.072.286	1.330.514	929.429	1.684.357	1.581.214	1.710.000	1.317.371
AGO	1.085.810	1.083.743	896.971	926.886	1.065.500	1.185.429	895.701	1.792.571	1.564.257	1.602.000	1.392.229
SEP	1.129.371	1.068.286	895.143	941.357	1.084.464	1.186.286	912.091	1.851.643	1.572.000	1.562.786	1.393.186
OCT	1.165.714	1.062.571	888.857	947.000	1.152.243	1.193.107	947.982	1.913.694	1.585.000	1.569.000	1.394.286
NOV	1.189.905	1.071.029	877.429	947.857	1.223.786	1.192.571	1.066.929	1.934.314	1.597.000	1.568.000	1.397.714
DIC	1.248.914	1.059.143	864.571	946.429	1.298.071	1.175.371	1.183.465	1.948.714	1.621.000	1.489.494	1.397.714

Nota: Precios promedio nacionales del arroz paddy. Datos adaptados de SIPSA–Molinos (2015–2025).

Evolución del precio promedio nacional. El comportamiento del precio promedio anual del arroz paddy durante el periodo analizado evidencia una dinámica no lineal, caracterizada por ciclos de expansión y contracción que reflejan una alta volatilidad estructural. Este tipo de comportamiento financiero obedece a múltiples causas entre las más notorias aquellas relativas al clima y a factores macroeconómicos.

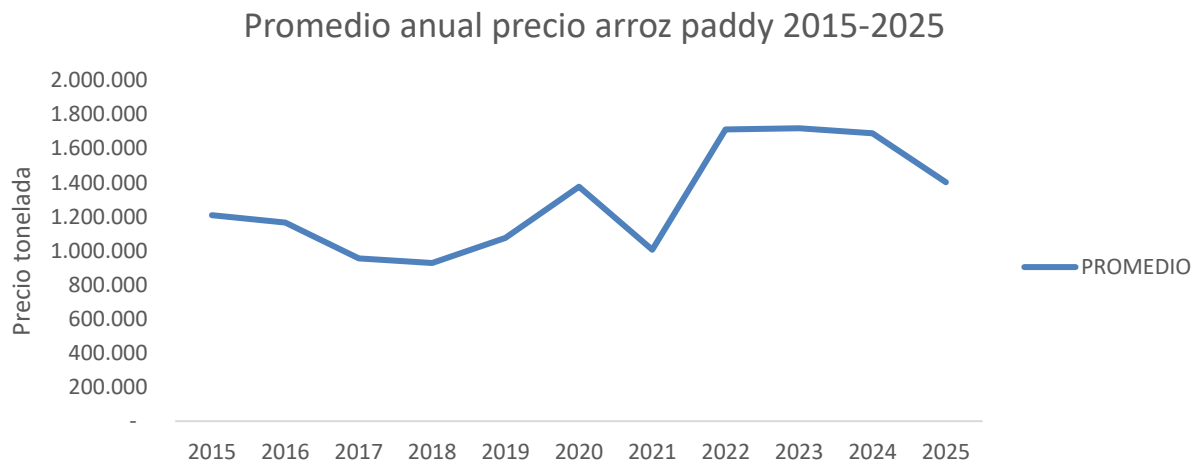
De ahí, la necesidad de modelar e integrar datos que intervienen en este fenómeno para su comprensión y subsecuente toma de decisiones en cuanto a alternativas que permitan hacer de la cuestión un comportamiento de indicadores más controlable, en aras de minimizar los efectos perjudiciales para agricultores, el comercio (procesadores y vendedores) y el consumidor final (especialmente población vulnerable) a entender como seguridad alimentaria (Putra, 2021).

Este planteamiento como un reto de conocimientos emergentes de estudios empíricos y objetivos, se encuentra relacionado a su vez con la generación de políticas públicas, que en el país siguen sin alcanzar el punto de respuesta idónea en su función económica y social, lo que a su vez impide un desarrollo sostenible en el sector como renglón productivo, ante la imposibilidad de regular el fenómeno de la volatilidad, y da lugar a las manifestaciones de inconformidad por parte del sector agrícola (Díaz, et al., 2022).

En otras palabras, se trata de una actividad caracterizada por la incertidumbre que tiene un consecuente impacto en la logística, en efecto, es necesario adentrarse en aspectos como la flexibilidad del servicio logístico y la apertura de canales de comunicación ágiles para mejorar la operatividad y que los costos requeridos en estos procedimientos no sufran en términos de costos, así como crear controles que sean funcionales y favorables a cada punto que hace parte de la acción (Chung, et al., 2025).

Aunque, profundizar en lo concerniente a las implicaciones en lo logístico y sus alternativas de manejo demanda ahondar más en el fenómeno aquí puesto en análisis. Así:

Figura 2. *Evolución del precio promedio anual nacional del arroz paddy (2015–2025)*



Nota. Información con datos adaptados de SIPSA–Molinos (2015–2025).

El análisis de la figura 2 se desglosa de la siguiente manera:

2015–2016. Se observan niveles de precio relativamente altos y estables, asociados a restricciones de oferta y ajustes iniciales del mercado. En este periodo, la presión sobre el capital de trabajo de los molinos fue significativa, dado el mayor requerimiento financiero para abastecimiento.

2017–2018. Se presenta una caída sostenida del precio, coincidente con incrementos en la producción nacional y mayor disponibilidad de materia prima. Esta situación generó riesgos de sobre inventarios y reducción de márgenes para productores.

2019–2020. Se evidencia una recuperación moderada del precio, influenciada por ajustes en el área sembrada y mayores costos operativos. El mercado comienza a mostrar señales de tensión entre oferta y demanda.

2021. Se identifica una corrección negativa, reflejo de desajustes entre inventarios acumulados, consumo interno y limitaciones logísticas. Este año marca un punto de inflexión en la estabilidad del mercado.

2022–2023. Se presenta un cambio estructural con incrementos abruptos que superan niveles históricos, configurando un escenario de alta incertidumbre financiera y operativa para la industria molinera.

2024–2025. Se observa una tendencia de ajuste y relativa estabilización, aunque en niveles superiores a los registrados antes de 2020, lo cual redefine el punto de equilibrio financiero del sector.

En conjunto, el comportamiento descrito confirma que el precio del arroz paddy en Colombia actúa como una variable estructurante del sistema productivo, introduciendo riesgos significativos en la planeación logística, financiera y productiva de los molinos; este valor fluctuante y constante en su variabilidad obedece a un comportamiento ídem en insumos, maquinaria y mano de obra.

Derivado de esa radiografía agroeconómica retadora, surge la motivación hacia la adaptación para alcanzar un mejor equilibrio, y es una competencia que debe gestionarse a modo de conocimiento en pensamiento flexible y creativo, ya que la realidad en su normalidad está sujeta a la experimentación de acontecimientos intempestivos, con hechos que obligan a la toma de decisiones en conciencia de la incertidumbre en la cadena de suministro (Marzantowicz, 2020).

De ahí que, la planeación logística registra experiencias de trabajo que mitigan este tipo de situaciones caracterizadas por la incertidumbre y la volatilidad de factores entre ellos precios de las materias básicas -en este caso agrícola-; aunque, es imperioso que, al implementar estrategias, estas deben emerger de estudios cuantitativos en los escenarios operativos, y así alcanzar manejos

de logísticas no lesivas a los presupuestos de los solicitantes de los servicios, manteniendo estándares de sostenibilidad sólidos (Boşcoianu, et al., 2025). En ese orden de ideas, es perentorio hacer acopio informativo en amplitud, ya que, la obligatoriedad en la comprensión y explicación del fenómeno lleva a investigar en el contexto de procesos logísticos específicos.

Sin embargo, es de agregar como la parte estatal tiene un papel preponderante en lo que a regulación de los precios compete. Precisamente, por esto el Ministerio de Agricultura en 2025 adelanta la gestión de un precio mínimo de compra del arroz paddy verde, con lo cual el ejecutivo nacional se ocupa de salvaguardar a los pequeños productores, propósito que se traduce a hechos con la Resolución 65722 de agosto de 2025, en la cual se somete este ejercicio comercial a un “precio mínimo de compra para el arroz paddy verde, diferenciado de acuerdo con la región en la que se encuentre” (Presidencia de la República, 2025, p. 1).

Igualmente, con esta regulación se busca un mejor conocimiento del inventario nacional de arroz, para no repetir experiencias adversas sobre exceso en la oferta sin ser absorbido debidamente, como en el primer semestre del 2025 con existencias del “67,8 % por encima del promedio de la última década” (p. 1); intención que marcha paralela al papel del consumidor, razón que se visibiliza con la decisión del gobierno que todos los comerciantes sin distingo alguno deban informar el origen de su producto tanto en los empaques, como en los puntos físicos y los de transacción digital (Presidencia de la República, 2025).

No obstante, a la altura del primer trimestre del 2026 no se puede indicar un criterio de efectividad debido a la cortedad de tiempo desde su promulgación, y hacia su implementación en cada uno de los aspectos fundamentales que aborda.

Diagnóstico de precios – análisis estructural. El abordaje correspondiente a este apartado se estructura en la Tabla 3, para agilizar la captura de su información y su mejor comprensión.

Tabla 3. *Diagnóstico de precios*

Periodo	Comportamiento del precio	Implicación logística
2015–2016	Alto y estable	Mayor presión sobre capital de trabajo
2017–2018	Descenso sostenido	Riesgo de sobre inventarios
2019–2020	Recuperación	Ajustes en compras y almacenamiento
2021	Caída abrupta	Sobrecostos por inventario
2022–2023	Incremento crítico	Riesgo financiero y operativo
2024–2025	Ajuste moderado	Necesidad de planificación flexible.

El análisis comparativo por periodos permite evidenciar que la dinámica del precio no responde exclusivamente a factores de mercado, sino a una interacción compleja entre producción, inventarios, decisiones de siembra y capacidad logística.

Los boletines de la Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado ENAM evidencian que:

- En el primer semestre de 2025, el área sembrada nacional fue de 417.556 hectáreas, lo que representa una reducción del 7,8% frente al mismo periodo de 2024.
- En contraste, 2024 cerró con un incremento del 3,3% en la producción nacional, alcanzando 3,50 millones de toneladas.

Esta combinación genera un entorno de incertidumbre sobre la disponibilidad futura de materia prima, presionando los precios y afectando las decisiones estratégicas de abastecimiento. Obligatoriamente, por estas características se requiere de una planeación en consideración a una estabilidad prácticamente inexistente, ya que el sistema se encuentra en un estado de flujo constante, y el trabajo logístico debe realizarse bajo un entorno de planificación dinámico y volátil, conscientes de la generación de una respuesta más de tipo reactiva para mitigar riesgos (Sengupta, et al., 2025). En simultánea, desde la perspectiva de la gerencia de la productividad, la volatilidad del precio del paddy se configura como un riesgo operativo-financiero estructural, más que como una simple variable comercial, razón que promueve a ajustes, que bien interpretados son una

notable ventaja de competitividad y el alcance de organizaciones resilientes (Annamalah, et al., 2025)

4.1.2 Caracterización de los procesos logísticos clave en la industria molinera

Política nacional logística. El aspecto logístico desde una perspectiva macro implica el reconocimiento de la política pública en este sentido. Al respecto se tiene que, existe una línea establecida en el marco del 2020 al 2025 Documento Conpes 3982, donde ya se hacía un diagnóstico sobre los costos derivados de la exclusiva dependencia de movilidad vehicular supeditadas a grandes egresos motivados por el combustible, importes en las vías y el mantenimiento de los carros; ya que el punto de quiebre no se determinó en la búsqueda o en el cargue, sino en el tránsito. Consecuentemente, se hace necesario la diversificación con la intermodalidad (DNP, 2020).

La intermodalidad implica, recurrir con mayor asiduidad a la movilidad que bien puede ser férrea, fluvial, o, a través de cabotaje, y sin dejar de considerar el transporte aéreo. Pero, al incorporar lo concerniente a la política logística lanzada en 2025, lo que se puede leer, es una descripción de identificación casi análoga a la que se prospectó desde el 2020, lo que por lógica conduce a señalar un tratamiento de variables no significativas a calificar de avance o progreso por parte del Estado en el periodo 2020 al 2024.

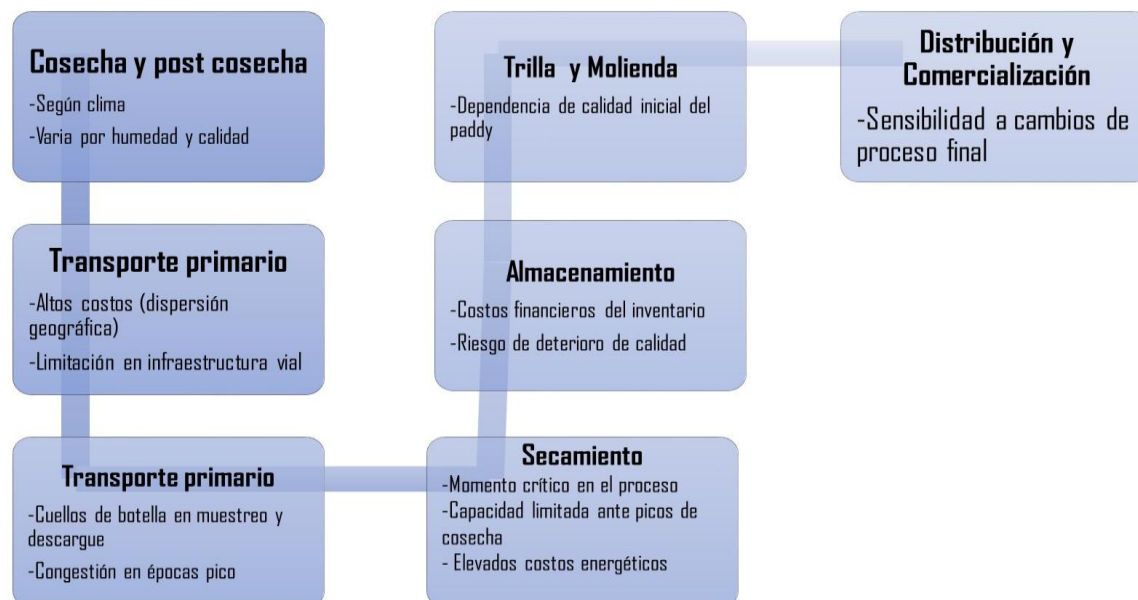
Ahora que, en lo que concierne a la política del fortalecimiento de logística lanzada durante el 2025, y en relación con el transporte del arroz, por un lado, la anterior denominación ‘condiciones de intermodalidad’, se trasladan a la proyección de líneas de trabajo centrada en la infraestructura y conectividad, es decir crecimiento de Infraestructuras Logísticas Especializadas

(ILE), esto en relación a mejora en nodos claves para el proceso logístico, aunado a mejoras en la carpeta vial de las redes carretables y las vías férreas (DNP, 2025).

Otro ángulo de análisis se configura a partir de la promoción del acceso a la información y el aprovechamiento de las TIC en el ámbito de la logística, que en la política de 2025 se denomina Transformación digital. Debido a que, lo esperado en los cuatro años previos de política fue discorde a lo esperado, producto de la persistencia de espacios geográficos con situaciones que oscilan entre débil conectividad o nula, sumado a personal con competencias digitales que no están a la altura de las demandas tecnológicas desarrolladas, lo cual representa dificultades en agilizar la comunicación y la toma de decisiones ante situaciones intempestivas, o la implementación de recursos digitales ya existentes y capaces de arrojar soluciones *in situ* (García, et al., 2021).

El balance, acorde a la Encuesta Nacional Logística ENL 2024 refiere que, el costo logístico nacional descendió a 15,6%, en equiparación al 17,9% datado en 2022; de ahí, el soporte para afirmar que los avances se hacen sin la celeridad requerida para una real transformación de las anomalías que se dan a conocer en los diagnósticos en este sentido, lo cual hace que estos logros pequeños no sean percibidos a modo de alivio en costos tanto entre empresarios como consumidores (DNP, 2025a).

Proceso industrial del arroz. Existe una línea establecida en cuanto al proceso industrial del arroz, visto desde la recolección del grano en el campo, y que para las empresas procesadoras se toma como inicial en la fase recepción hasta el momento de empaque. La apertura de este aspecto corresponde al macroproceso logístico del arroz paddy, presentado en la figura 3, así:

Figura 3. *Macroproceso logístico del arroz paddy en cuanto a aspectos críticos*

El macroproceso logístico del arroz paddy comprende las etapas de recepción, clasificación, secamiento, almacenamiento, molienda y distribución. Cada una de estas fases presenta interdependencias críticas que inciden directamente en los costos operativos y en la eficiencia global del sistema.

El análisis evidencia que el secamiento y el almacenamiento constituyen procesos estratégicos, al determinar la calidad final del producto y la estabilidad de inventarios; aspectos que a su vez se encuentran ligados al desarrollo tecnológico, ya que no todos los procesos han alcanzado un alto desarrollo en este sentido, o la transición de equipos ya revaluados hacia las ofertas más vanguardistas que garantizan otro tipo de optimización del proceso (Noguera, et al., 2023).

4.1.3 Factores de impacto del macro entorno por análisis PESTEL

La información pertinente se expone a continuación en la figura 4 así:

Figura 4. Factores y su impacto (logística arroz paddy)

CRITERIO		SIM	DESCRIPCIÓN	IMPACTO Alto = 3 puntos Medio = 2 puntos Bajo = 1 punto	DURACIÓN > 6 meses = 3 puntos <6 meses = 2 puntos <1 mes = 1 punto	TOTAL	Oportunidad Marcar con una "X"	Amenaza Marcar con una "X"
P	POLÍTICO	P1	Estabilidad política	2	3	6		x
		P2	Normatividad en logística nacional	2	3	6	x	
		P3	Política de inversión del Estado	1	3	3	x	
		P4	Corrupción	2	3	6		x
E	ECONÓMICO	E1	El PBI ha crecido a razón del 2.6%	1	3	3	x	
		E2	Tasas de interés se han reducido en 1%	2	3	6	x	
		E3	Tasa de inflación con tendencia a la baja y actual de 5.1%	3	3	9	x	
		E4	Costo de mano de obra se ha incrementado S.M.L.V.	3	3	9		x
		E6	Riesgo del sector tecnológico	2	3	6		x
S	SOCIAL	S1	La población está creciendo a razón de 1%	1	3	3	x	
		S2	Tasa de empleo formal ha crecido se ubica en un 56,7%	3	3	9	x	
		S3	Hogares con acceso a internet 77,8%	2	3	6	x	
		S4	Inmigración extranjera creció en un 6%	2	3	6	x	
		S5	Preferencia de los colombianos a comprar por internet	3	3	9		x
		S6	Nivel de pobreza está decrecentado en un 2,8%	3	3	9	x	
		S7	Distribución de la riqueza inequitativa	2	3	6		x
		S8	El ciudadano ~~nal~~ , muestra mayor interés por mejorar su calidad de vida	2	3	6	x	
T	TECNOLÓGICO	T1	Desarrollo de soluciones informáticas para mejorar el servicio	1	3	3	x	
		T2	Desarrollo de los canales de distribución on-line	3	3	9	x	
		T3	Crecimiento y desarrollo del internet	3	3	9	x	
		T4	Velocidad de transferencia tecnológica	1	3	3	x	
E	ECOLÓGICO	E1	Desastres naturales - Fenómeno del Niño/a	3	2	6		x
		E2	Amenaza de epidemias y pandemias	1	3	3	x	
		E3	Disposición de materia prima tecnológica	3	3	9	x	
L	LEGAL	L1	Regulación de delitos informáticos	2	3	6		x
		L2	Existencia de Ley de propiedad intelectual	3	3	9	x	

Políticos (P): dado que se trata de un tema de logística en producto agrícola, es de abordar las políticas públicas a desagregar parten de la Resolución 65722 de agosto de 2025, con la cual se dicta lo reglamentario para la proyección de avances en el abaratamiento de los costos en la movilidad de insumos en las cadenas productivas con la habilitación de una mejor infraestructura que viabilice la logística alternativa o mixta, para lo cual se ha asignada un presupuesto mejorado en contrastación con el anterior (DNP, 2025) ; no obstante el cumplimiento de la normativa está limitado por la reciente datación de esta para su ejecución, punto en particular que al abordar lo referente a la política predecesora en balance de cuatro años fue de 2.3%.

En cuanto a la estabilidad política la nación se encuentra a portas de elegir el presidente para el nuevo cuatrienio, lo cual implica un tiempo de espera en cuanto a determinar el rumbo que da el liderazgo que sea elegido, y si bien es cierto que no es una cuestión crítica, si es una situación de observancia para la toma de decisiones.

Económicos (E): Colombia al presente 2026 registra crecimiento del PIB del 2,6%, índice pequeño aunque representativo en su rendimiento de forma comparativa en el territorio latinoamericano; mientras que la inflación cerró el año 2025 en 5,10% lo cual si bien es cierto va en descenso se considera leve en su decremento y la tasa de interés se encuentra en 10,25%, tras un aumento de 100 puntos básicos decidido por la Junta Directiva del Banco de la República para contener la inflación (Banco de la República BanRep, 2026), pero es un valor alto y lesivo para el consumidor de los servicios crediticios (Escobar, 2026), en medio de una recuperación del índice del desempleo con un 8,9%, nivel más bajo desde 2001 (BanRep, 2026).

Sociales (S): para Colombia en 2025 la estimación poblacional fue de aproximadamente 53,0 a 53,4 millones de habitantes, con base en proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE. Entre esta población en materia de escolaridad persisten los rezagos en lectura, que inciden en los estándares de calidad educativa en general sin lograr superar posición por debajo de la media según OCDE, así mismo, se han registrados declives en las cifras de matrícula especialmente en secundaria y media vocacional, alta cifras de no permanencia escolar con 342.000 que abandonaron su vinculación formativa en el 2025, inequidad territorial -especialmente en tecnología y conectividad- y en consecuencia en competencias digitales, desigualdad de género y bajo tránsito a la educación superior (Rodríguez, 2026).

En cuanto a la pobreza monetaria en Colombia, se tiene que, entre 2024-2025 este indicador alcanzó un nivel de decremento que permitió ubicar esta afectación para un sector del

31,8% de la población nacional, no obstante, sigue siendo un indicador alto, en particular bajo la mirada analítica en profundidad del índice de Gini, con una métrica de 0,551, equivalente a un país con altos niveles de desigualdad, con una interpretación donde el índice mide de 0 (igualdad) a 1 (desigualdad máxima) (DNP, 2025).

Tecnológicos (T): los procesos de innovación tecnológica en Colombia en cuanto a Investigación y Desarrollo no es una producción destacada, inicialmente debido a inversión baja, aproximadamente del 0,21% - 0,25% del PIB, se hace un trabajo reconocido en sectores empresariales, educativo y biodiversidad, que recientemente ha ascendido a 0.5% (Departamento Nacional de Planeación, 2025). Ahora que, sobre el decremento de brechas en conectividad es de señalar que se habla de una capacidad de conectividad para el 77% de la población, pero, también se reconoce la persistencia de espacios por cubrir especialmente en las zonas rurales (Ministerio TIC Colombia, 2025).

Ecológicos / Ambientales (E): el reciclaje no es una habituación en el territorio colombiano, aunque si se realiza en algunas municipalidades. En materia de políticas públicas ambientales se tiene normas de protección para ríos, nacederos y humedales, pese a lo cual, persisten situaciones violatorias en complicidad con entidades locales. Así mismo, en la actualidad se adelanta una gestión para proteger la selva amazónica, y lograr librarle de explotación maderera, extracción minera y petrolera.

Sin embargo, la huella de carbono, si bien es cierto que, se produce 1,6 - 1,7 toneladas de CO₂ al año, que por estándar se considera baja al ubicarse por debajo de las dos toneladas, el país hace énfasis en la transición de transporte eléctrico y las malas prácticas de ganadería y agricultura por las quemadas de los terrenos, sumado a las costumbres de ciudadanos de incinerar las basuras (Ministerio de Ambiente, 2025).

Legales (L): legislación laboral, se basa en el código sustantivo del trabajo, y básicamente señala jornadas de 48 horas, que se proyectan desde el 2021 en disminución gradual a las 42 horas para el 2026, recargos a saber: Nocturno luego de las 7pm y en jornada dominical o de festivos, protección en salud y riesgos profesionales, y la fijación de un salario mínimo legal anual. Los contratos laborales legales son: a término indefinido, a término fijo, de obra, ocasional, de aprendizaje y de prestación de servicios.

Propiedad intelectual, Ley 23 de 1982 y recientemente para incluir lo digital al tiempo que acoger otras disposiciones internacionales se promulgó la Ley 1915 de 2018.

Leyes de protección al consumidor La Ley 1480 de 2011, o Estatuto del Consumidor en Colombia, señala aspectos como la calidad de los productos y sus aspectos de seguridad hacia la salud humana, las garantías en cuanto a daño en los productos recién adquiridos o en los plazos establecidos, derecho a la información, nulificar cláusulas abusivas y combatir la publicidad engañosa.

Así, los impactos más altos se tienen en lo político, social y económico.

4.1.4 Análisis micro contexto 5 fuerzas de Porter

La continuidad analítica lleva a puntualizar factores intervinientes en el proceso logístico de insumos -arroz paddy- en la cadena productiva del arroz. Así:

Figura 5. *Análisis las 5 fuerzas de Porter*

Nuevos competidores: en el sector arrocero si bien es cierto que hay un crecimiento del 2.6% reportado para el 2025 ello no representa una amenaza para el gremio, en cuanto a cultivadores. Las amenazas para el sector se ubican esencialmente en aspectos como el contrabando proveniente principalmente de Ecuador, junto a las importaciones que, en el 2025 fueron de 92,661,58 toneladas tanto de arroz paddy como seco, mientras que 63,670,35 toneladas fueron de arroz blanco generalmente comprado a Estados Unidos (Fedearroz, 2026).

Poder de negociación de proveedores: se aglutinan esencialmente en Fedearroz y sus solicitudes se han forjado bajo presión mediante paros y bloqueos de vías, los cuestionamientos base que motivan las protestas tienen que ver con los bajos precios, los efectos adversos que se derivan del contrabando y el valor de dólar frente al peso colombiano que exponen a los

proveedores de arroz a la quiebra de sus actividades agrícolas (García, 2026), lo cual implica la implementación urgente de un programa de protección a los productores.

Luego de unos días fueron atendidos por Ministerio de Agricultura con negociaciones para una serie de medidas, entre ellas el ingreso al Fondo de Acceso Insumos Agropecuarios (FAIA) 2026, pero el proceso se encuentra aún en análisis y búsqueda de otras condiciones solicitadas (MinAgricultura, 2026).

Poder de negociación de clientes: en este caso molinos arroceros que no son muchos en el territorio colombiano y se presentan cohesionados para las negociaciones, en representación del 68% del mercado, básicamente tres empresas grandes que han logrado su consolidación progresiva a lo largo de sus años de permanencia en el sector mediante fusiones, así como con la modernización de plantas, junto a la ampliación en cuanto al portafolio de productos; estas empresas estratégicamente aprovechan factores como una sobreproducción y exceso de abastecimiento en bodega para afectar los precios a pagar por las cargas del producto (Diario La República, julio 15, 2025).

Amenaza de nuevos productos sustitutos: en la mesa colombiana, el segundo producto agrícola de mayor consumo después del arroz es la papa (Agro Bayer Colombia, 2025), aunque sin ser obligatorio el procesamiento industrial para su ingesta donde el 93% del producto es consumo en fresco y un 7% de procesamiento industrial; además, arrastra sus propias vicisitudes en producción, sobreproducción y volatilidad de precios (Riascos, et al., 2024).

El siguiente producto en crecimiento que se opta como sustitutivo del arroz es la harina precocida para la elaboración de arepas. En este sentido, Pinzón (2025) en lo que concierne a Colombia da a conocer que, entre ocho de una proporción de diez hogares optan por consumir este producto alimentario habitualmente, al punto de alcanzar un pico de 85% de consumidores con un

mínimo de un día a la semana. En suma, un sector en crecimiento, el cual en el 2025 reportó un aumento en su participación en el mercado del 10,4%.

Rivalidad entre competidores: los precios en el mercado para el comprador son la alternativa que por lo general conquista el criterio de elección, que emerge de un contraste entre cuantía de grano entero y precio. En el público de poder adquisitivo popular la prioridad es básicamente lo diferencial en pesos; en tanto que, en sectores con una capacidad de pago más alta la prioridad es la calidad del grano. Sin embargo, sean productos de gama baja o alta de arroz la variación de precios al consumidor final ofertado entre los molinos productores es mínima (DANE, 2026).

4.1.5 Diagnóstico integral: interacción entre precio, producción y logística

El diagnóstico parte del principio de que la competitividad del sector arrocero no puede analizarse de forma aislada, sino como el resultado de la interacción sistémica entre variables económicas, productivas, operativas y organizacionales.

Tabla 4. *Diagnóstico integral*

Dimensión	Subdimensión	Análisis
<i>Precio como factor de inestabilidad sistémica</i>	La volatilidad estructural del precio impacta directamente: -Planeación de compras -Capital de trabajo -Gestión de inventarios -Continuidad operativa	Los molinos operan en un entorno reactivo, ajustando decisiones en función de variaciones de corto plazo, lo cual reduce eficiencia estratégica.
<i>Desarticulación entre oferta agrícola y capacidad logística</i>	La variabilidad del área sembrada y la producción genera: -Picos de oferta concentrados -Congestión en recepción -Sobrecarga en secamiento -Subutilización intermitente de capacidad instalada	Existe una desalineación estructural entre la oferta agrícola y la infraestructura logística-industrial.
<i>Cuellos de botella y costos ocultos</i>	Los principales costos ocultos se concentran en: -Incrementos energéticos en secamiento -Pérdidas por reprocesos -Merma de calidad	La logística opera mayoritariamente bajo esquemas reactivos, no planificados.

Dimensión	Subdimensión	Análisis
<i>Fragmentación organizacional y gobernanza</i>	-Sobrecostos financieros por inventarios prolongados	Predomina una visión funcional fragmentada, no un enfoque sistémico de productividad.
	El diagnóstico evidencia:	
	-Decisiones de siembra sin coordinación sectorial	
	-Negociaciones de precio de corto plazo	
	-Escasos mecanismos de cooperación logística	
	-Ausencia de indicadores integrados de desempeño	

A partir de la tabla 4 se puede realizar una síntesis estratégica del diagnóstico, en este sentido el análisis consolidado demuestra que la industria arrocera colombiana enfrenta un problema estructural de productividad y competitividad, cuyo origen radica en la interacción no coordinada entre: volatilidad del precio, Variabilidad productiva, Limitaciones logísticas y Fragmentación organizacional. Estos factores, actuando de manera conjunta, generan ineficiencias sistémicas, elevan los costos operativos y reducen la capacidad de respuesta ante cambios del mercado.

Seguidamente, se incorpora lo concerniente a la evaluación de los factores internos (Fortalezas y Debilidades) y externos (Oportunidades y Amenazas), reconocido por sus abreviaturas DOFA, que se esquematiza para su rápida observancia en la figura 4, de la siguiente manera:

Tabla 5. *Matriz DOFA y estrategias resultantes*

Análisis DOFA Logística arroz paddy	Oportunidades -Implementación de acuerdos de abastecimiento programado con productores, como se evidencia en buenas prácticas de otras agroindustrias. -Adopción de esquemas de planeación por escenarios de precio para reducir el riesgo financiero. -Fortalecimiento de la gobernanza logística para acceder a mercados más estables y exigentes. -Aprendizajes transferibles de sectores como café, palma, y lácteos en gestión logística y coordinación inter-actor.	Amenazas -Alta volatilidad estructural del precio del arroz paddy, fuera de control directo de los molinos. -Variabilidad climática y productiva que afecta la estabilidad del abastecimiento. -Incremento de costos logísticos asociados al transporte y energía. -Fragmentación organizacional de la cadena, que dificulta respuestas coordinadas ante crisis.
Fortalezas -Experiencia operativa consolidada de la industria molinera en el manejo del arroz paddy. -Capacidad instalada de molienda existente que permite absorber incrementos de oferta en condiciones normales. -Disponibilidad de información sectorial (SIPSA, ENAM) que facilitan el análisis y la planeación. -Identificación clara de variables críticas por análisis multicriterio, como capacidad analítica interna.	Estrategias FO -Crear dossier de alternativas logísticas mixtas con base en las posibilidades que apertura la IA y RA, y sobre todo Plataforma Google Earth Pro articulada a la logística. -Incorporar al dossier, no solo la experiencia inmersiva de rutas y puntos de carga para su elección, sino empresas y sus contactos para conocer, cotizar y tomar decisiones.	Estrategias FA -En el dossier jerarquizar empresas caracterizadas por precios favorables en medio de los cambios de valor para las cargas de paddy -Unificar centro informativo en FEDEARROZ, para capacitar afiliados y actualizar la plataforma Google Earth Pro y servir de asesor a afiliados presencial, virtual o con asistencia remota. -Dar datos de transición a sistemas de control automático de energías para la regulación del gasto.
Debilidades -Planeación de compras predominantemente reactiva frente a la volatilidad del precio del paddy. -Gestión de inventarios desarticulada entre compras, producción y finanzas -Insuficiente capacidad de secamiento frente a picos de cosecha (cuello de botella). -Ausencia de políticas logísticas integradas y de indicadores sistémicos de productividad.	Estrategias DO -Desde el centro informativo consultar el proceso gubernamental de fijación de precios al Paddy según productividades locales, denominada libertad regulada que fija precios mínimos. -Así mismo informar el avance de ese proceso y sus obstáculos, una actualización periódica como estrategia participativa y estímulo para la organización y los liderazgos.	Estrategias DA -Monitorear producción directamente con los agricultores, con periodicidad para ponderar entre prospecciones y afectaciones de eventos impredecibles. -Contrastar datos con la información de la plataforma Google Earth Pro, para tomar de decisiones mejor dateadas.

La tabla 5 deja ver una ruta de trabajo afín con la agricultura inteligente mediante diversas iniciativas, para lo cual se incluyen lo que se denomina Tecnologías para el Empoderamiento y la Participación TEP, a su vez, alineadas con la política de logística nacional generada a partir del 2025 (Decreto 1017 de 2025) cuya finalidad apunta a la transformación en procura de un modelo inteligente en aprovechamiento de los recursos científicos y tecnológicos de vanguardia, que desarrolle mayor autonomía y sea decisivo en el apoyo a la producción agrícola en cuanto a su movilidad.

De ahí que, se haga hincapié en el flujo de datos mediante recursos digitales accesibles sin costos que sean lesivos para la economía del fondo o de los productores, y que, a través de esta visión virtual que incluye Inteligencia Artificial, Realidad Aumentada y la plataforma Google Earth Pro, se puede dar atención de mejora a toma de decisiones en conocimiento de aspectos como: situaciones de índole climática, efectos de situaciones naturales inesperadas, o las referentes al transporte, vías y otras posibilidades ante los cambios en materia de infraestructura para la logística intermodal.

4.2 Análisis multicriterio la incidencia de las variables económicas y logísticas de la industria arrocera colombiana, como segundo objetivo

Las cadenas de suministros están inevitablemente expuestas a diferencias ambientales que surgen en múltiples puntos, y a eventos impactantes que ocurren simultáneamente y reflejan rápidamente sus efectos en toda la cadena, así, las dinámicas comerciales contemporáneas se caracterizan por una demanda fluctuante y condiciones ambientales inciertas (Coşkun & Erturgut, 2024). La aceptación de la incertidumbre y su complejidad como premisa se soporta en la posible experimentación de desastres naturales, terrorismo, los ciberataques, las crisis crediticias y otros

fenómenos, los cuales pueden causar perturbaciones en las cadenas de suministro, que, sin una gestión adecuada pueden producirse daños en áreas como la productividad, los ingresos, la ventaja competitiva y la rentabilidad (Al-Hakimi, et al., 2022). De este modo, se torna prioritario analizar el panorama y avanzar hacia posibles manejos, que en lo aquí concerniente se trata de la logística del arroz paddy.

A partir de lo planteado, y con el apoyo del análisis diagnóstico previo, se atienden los datos con una mirada tendiente a visibilizar acciones de mejoras ante lo arrojado por el PESTEL, las cinco fuerzas de Porter y el DOFA, que convergen en la realización de una matriz analítica acorde a PMBOK en cuanto a procesos con las respectivas áreas de conocimientos; posteriormente se anexa la matriz multicriterio, la correlación observable en el mapeo, para su consecuente análisis.

4.2.1 Actuación frente a los resultados analíticos del diagnóstico

PMBOK. El Project Management Institute (PMI) ha establecido estándares globales para la disciplina a través de su Guía del Cuerpo de Conocimientos de Gestión de Proyectos (PMBOK® Guide). En términos prácticos, los planteamientos indican que, la gestión de proyectos implica planificar, organizar, supervisar y controlar todas las actividades necesarias para alcanzar un objetivo definido, dentro de los límites acordados de tiempo, coste y calidad. Sin embargo, no se trata solo de gestionar tareas, sino de integrar personas, recursos y procesos para que un proyecto cumpla con lo prometido, en el plazo previsto y sin ser lesivos en cuanto a los costos.

En este caso, obedecen a las situaciones inherentes a la productividad en el sector agrícola, complejas por la volatilidad del mercado y los precisos en la cadena de suministros, con precisión direccionada a la problemática que compete a la logística.

Tabla 6. *Análisis PMBOK sobre la logística en la cadena de suministros del arroz paddy*

Áreas de conocimiento	Grupos de procesos GP de la dirección de proyectos				
	G. P. de inicio	G. P. de planificación	G. P. de ejecución	G. P. de Monitoreo y control	G. P. de cierre
4. Gestión de la integración del proyecto	4.1 Comunicación sobre inicio del proyecto	4.2 Desarrollo del Marco lógico	4.3 Precisar datos informativos del proyecto	4.4 Realizar el control integrado de cambios	4.5 Fijar el cierre del proyecto
5. Gestión del alcance del proyecto		5.1 Determinar el alcance 5.2 Crear EDT/WBS		5.3 Validar el alcance	
6. Gestión del cronograma del proyecto		6.1 Prospeccionar la composición del cronograma 6.2 Plasmar actividades y tiempos		6.3 Seguimiento al cronograma, mediante la fijación de tiempo e indicadores	
7. Gestión de los costos del proyecto		7.1 Planificar costos 7.2 Calcular costos 7.3 Realizar presupuesto		7.4 Proceso para controlar costos	
8. Gestión de la calidad de proyecto		8.1 Identificación de su elaboración			
9. Gestión de los recursos del proyecto		9.1 Estructurar los recursos requeridos			
10. Gestión de las comunicaciones del proyecto		10.1 Planear socialización de la propuesta			
11. Gestión de los riesgos del proyecto		11.1 Caracterizar factores de riesgo	11.2 Formular medidas de mitigación del riesgo	11.3 Describir herramientas de seguimiento a los riesgos	
12. Gestión de las adquisiciones del proyecto		12.1 Determinar los elementos de adquisición			
13. Gestión de los interesados del proyecto	13.1 Identificación de involucrados	13.2 Definir roles de los involucrados	13.3 Gestionar de los interesados	13.4 Evidencias de gestión	

Nota. Integración de grupo de procesos con áreas de conocimientos según *PMBOOK* 6ª ed.

La tabla 6 da lugar al desagregue de acciones a desarrollar desde lo conceptual a la contextualización de implicaciones acorde a las proyecciones que implican el desarrollo de la

propuesta de logística para el arroz paddy. En este sentido, y en seguimiento de lo establecido por Project Management Institute, Inc (2017), se tiene lo siguiente:

Grupo de procesos: la concreción de un proyecto conlleva una serie de procesos específicos cuya realización es imperativa en aras de dotar lo prospectado de efectividad, toda vez que, estos procesos proporcionan una base organizativa para las acciones pertinentes, a saber: planificar, ejecutar y gestionar con éxito y bien direccionado. A continuación, se abordan los 13 pasos planteados así:

Inicio. Su funcionalidad tiene que ver con ayudar a definir la visión de lo que se pretende lograr. En esta etapa, el responsable primario autoriza formalmente el proyecto, y a partir de este evento se define el alcance inicial y se identifican las partes interesadas. La identificación de las partes interesadas es crucial, ya que su correcta identificación (y posterior gestión) puede determinar el éxito o el fracaso del proyecto. En este caso, como propuesta para los agremiados a FEDEARROZ, equivale a señalar lo que se va a llevar a cabo para que la propuesta desagregada en sus componentes no solo sea favorecida en su aprobación, y garantizar que también estén alineados con los objetivos estratégicos de la organización.

Planificación. En todo equipo de proyectos se le atribuye el valor de elemento crucial en la medida que establece el alcance total del proyecto. Si bien puede parecer que esto se logró en la fase de inicio, el alcance (junto con los riesgos, los hitos, el resumen y el presupuesto) en realidad esa explicitación se construye a grandes rasgos, contrario a lo que puede llegar a ser la elaboración de esta fase con un listado de probables 24 aspectos a considerar entre necesarios o no.

En la fase de planificación, para lo que concierne a este proyecto se procede a la entrega de una información de índole iterativa, pero, más detallada, denominada elaboración progresiva, que permite desarrollar los documentos de la propuesta con mayor detalle a lo largo del tiempo

prospectado; por tanto, el listado constitutivo de documentos son: delimitación el alcance (lo que se está haciendo y lo que no se hace), Requisitos detallados, Estimaciones de costos y tiempo, Cronograma, Planificación en materia de calidad, comunicaciones, riesgos y adquisiciones.

Ejecución. El grupo de procesos de ejecución es donde se realiza el trabajo. El plan de gestión del proyecto, lo cual ayuda a mantener un buen enrutamiento y ritmo. Aquí es donde el equipo del proyecto comienza a crear los entregables, mientras que el señalado a cargo coordina los recursos, así como lo apropiado para la consolidación de un buen equipo de talento humano con estrategias de cohesión, junto a los canales de comunicaciones internas y hacia las partes interesadas, conjunto que en suma garantiza la calidad del proyecto y del producto y, ante requerimientos de contratación, se apoya el proceso de selección de proveedores.

En la presente propuesta de mejora logística para el arroz paddy, se procede a invertir rubros para su puesta en marcha, incluidos entregables para su acompañamiento de desarrollo. Y es probable que aquí comiencen a surgir las solicitudes de cambio por parte de las partes interesadas. Si bien el equipo del proyecto puede implementar los cambios aprobados, es de clarificar que, deben ser objeto de consulta para su respectiva aprobación o rechazo, esto último a ser organizados como actualizaciones.

Monitoreo y control. Actividad en la que recae evaluar el desempeño general del proyecto y ponderar la pertinencia en cuanto a realización de cambios necesarios para mantener un correcto progreso o para encausar. En este orden de ideas, se hace prioritario rastrear desplazamientos, revisar acciones y regular el avance y el desempeño de lo proyectado, de tal modo que oportunamente se pueda identificar cualquier área en la que se requieran cambios al plan e iniciar los cambios correspondientes; los puntos recurrentes susceptibles a modificaciones son el alcance, el costo y el cronograma, cada una de ellas puede presentar variaciones en cuanto a las

herramientas y técnicas que se utilizan para su control, sin dejar de lado lo planeado ni la solicitud previa de aprobación.

Ahora que, acorde a los intereses ya mencionados para el presente documento, es de considerar que, se sigue el plan direccionado, sin dejar de acopiar nueva información sobre lo que va aconteciendo, como evaluación que puede conducir o no a actualizaciones.

Cierre. Representa el cierre formal del proyecto, sino que también se obtiene la aprobación y aceptación de las partes interesadas. Es el momento de culminación y logro exitoso, o por el contrario reconocimiento de descalabros por los cuales los proyectos se desvanecen sin su finalización. La direccionalidad de la presente propuesta va en paralelo con la entrega total de la propuesta de forma tanto a directivos que a los demás miembros interesados para utilizarlas como mejoras a proporcionar para beneficio de los asociados.

Alcanzado este punto sobre la tabla 6 se prosigue con los dominios especializados de la gestión de proyectos que clasifican los 49 procesos de gestión de proyecto, también conocidos como áreas de conocimiento.

Áreas de conocimiento. En alusión a los aspectos esenciales de una gestión que genera proyectos eficaces. Muestran lo necesario para aprobar la certificación Project Management Professional PMP y son orientaciones a comprender y aplicar en aras de mejorar lo proyectado y tomar mejores decisiones. La relevancia de ellas radica en que aumentan las posibilidades de entregar proyectos a tiempo, dentro del presupuesto y para la satisfacción de las partes interesadas. Seguidamente, se desglosan las 10 gestiones acorde a Project Management Institute, Inc (2017), así:

Gestión de la integración. Momento de trabajo proyectivo el cual implica garantizar que todos los elementos de un proyecto estén debidamente coordinados, que se pueden visualizar como

un hilo de desarrollo lógico. Se trata de asegurar que los procesos de planificación, ejecución y seguimiento funcionen a la perfección. La importancia de esta cohesión, cobra alta valía en escenarios caracterizada por la complejidad y en este orbe teórico la incertidumbre (como en el presente caso), así como en aquellos donde la multidisciplinariedad es el requerimiento preponderante.

Los procesos clave por lo general incluyen: elaboración del acta constitutiva del proyecto, Creación y gestión del plan de gestión del proyecto, Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto, más la Supervisión y control del trabajo del proyecto, y por último el Cierre del proyecto o fase.

Gestión del alcance. Consistente en proporcionar una definición de lo que en síntesis es el propósito final, y con esta formalización poder controlar qué se incluye y qué no en el proyecto. Ayuda a no incurrir en una sobredimensión de su impacto final, y subsecuentemente causar cambios o adiciones no controlados que pueden proveer un proyecto irrealizable en su totalidad luego de estar ya en marcha. Los procesos que comúnmente se dan en este momento son: gestión del alcance de la planificación, Recopilación de requisitos, Definir el alcance, Creación de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT) y Verificación y control del alcance.

Gestión del cronograma. La gestión de plazos se centra en planificar actividades, estimar y controlar que se encuadran en un tiempo cuantificable y acorde a lo necesario para completar el proyecto. Métrica temporal a través de la que se garantiza que el proyecto se finalice dentro del plazo acordado. El punto de quiebre al respecto, yace en la sensatez para atribuir a cada acción el tiempo demandado por las particularidades configuradas en procesos, contexto, pericia de los ejecutores y las experiencias precedentes; un blindaje para la buena imagen de responsabilidad en el manejo de recursos financieros y emplazamiento contractual.

El creador de esta herramienta ha de tomar en cuenta: definición de actividades, la amplitud de la secuenciación de actividades, Estimación de la duración de las actividades, estas primeras gestiones producen la Elaboración del cronograma, el cual también debe anexar mecanismos para Control del cronograma.

Gestión de los costos. La gestión de costes invita a sopesar cuestiones como planificar y presupuestar egresos implicados en la realización de lo propuesto, trabajo conducente a controlar el gasto durante la ejecución del proyecto. Ello responde a que se disponga de los recursos financieros necesarios que viabilizan el completarlo y que el gasto se mantenga bajo control, un equilibrio entre rentabilidad y el cumplimiento en entrega del producto final con todo lo convenido. De ahí el papel crucial de: planificación de la gestión de costes, Estimación de costos, aunado a la Determinación del presupuesto y la fijación de dispositivos para Controlar los costos.

Gestión de la calidad. Área encargada de los entregables del proyecto en relación a que cumplan con los estándares requeridos, en rigor con las especificidades involucradas para el alcance de esta cualificación. Su implementación va acompañada de tres labores: planificar, junto a gestionar y controlar la calidad para que el producto final. Esto se hace con el propósito que satisfaga las necesidades del cliente y que, lo entregado esté acorde a lo ya ofertado para responder a miramientos en materia de durabilidad además de seguridad, por citar las más frecuentes consideraciones.

Gestión de los recursos. La gestión de recursos reside en una serie de responsabilidades que aúnan: planificación de la gestión de recursos, Estimación de los requisitos de recursos, más la adquisición de recursos, así como Desarrollar y gestionar el equipo, sin dejar de lado Controlar los recursos; estos últimos que bien pueden ser humanos, físicos, financieros y tecnológicos, observados como necesarios para completar el proyecto. En consonancia incluye a los miembros

del equipo, el equipo y cualquier otro activo que deben hacer presencia para su aprovechamiento de manera oportuna sin frenar los procesos en los tiempos ya fijados, condiciones determinantes para evitar dilaciones y cualquier otro tipo de afectaciones.

Gestión de las comunicaciones. La comunicación gestionada garantiza que la información se planifique, genere, distribuya y almacene adecuadamente durante la trazabilidad del proyecto. Una comunicación eficaz es fundamental para alinear las expectativas y mantener accesible los datos de tal manera que todos los actores laburantes desde sus roles articulados en procura de la finalización de lo proyectado permanezcan informados con claridad y transparencia.

Gestión de los riesgos. Se trata de vislumbrar los posibles obstáculos creadores de afectaciones hacia los recursos que se imbrican en la consecución del proyecto, por tanto, el pensamiento se ocupa de: planificación de la gestión de riesgos, Identificación de riesgos, sumado a la Realización de análisis de riesgos tanto los cualitativos los cuantitativos, igualmente está lo concerniente a la Planificación de respuestas ante riesgos, anexo a la Supervisión y control de riesgos. Esta área es crucial para minimizar la exposición y el impacto de los factores de difícil control y reconocidos por su incertidumbre que podrían afectar el éxito del proyecto.

Gestión de las adquisiciones. Más reconocidos como compras o incorporaciones, con las que se ocupa de adquirir bienes y servicios de fuentes externas. Así, es seguro tener disponibilidad *in situ* de los elementos requeridos, lo cual incluye: planificación de la gestión de adquisiciones, de donde procede a Realización de adquisiciones y Controlar las adquisiciones; vistos como procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que se soliciten fuera del equipo del proyecto.

Gestión de los interesados. Es la gestión asumida con la finalidad de aglutinar las partes interesadas, entonces, la tarea consiste en identificar e involucrar a todos los grupos afectados por

el proyecto. Pero, su cabal realización obliga al proyectante a comprender las necesidades y expectativas generadas, de tal modo que, una vez alcanzado ese punto pueda cerciorarse de su participación a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

4.2.2 Matriz multicriterio

El análisis multicriterio de decisiones combina elementos cualitativos y cuantitativos. El elemento cualitativo consiste en trabajar con las partes interesadas (logística y económicas) para explorar sus perspectivas. El elemento cuantitativo se refiere al uso de modelos para representar las preferencias de las partes interesadas y el desempeño de las diferentes opciones. Estos generan información útil en materia de toma de decisiones ante el reconocimiento de aspectos de connotación para la cuestión en análisis según su cualificación y cuantificación.

En lo que concierne al presente estudio, se presenta así:

Figura 6 *Matriz multicriterio*

Escala de calificación:

1 = Muy baja		2 = Baja		3 = Alta		4 = Crítica			
Logística		Variables Económicas							Resultado
Proceso de la cadena productiva	Subprocesos	Geopolítica global	Exportación	Importación	Políticas fiscales	Políticas sociales	Competitividad de mercados	Rentabilidad	
Cosecha	Situaciones climáticas	1	1	1	3	1	4	4	48
	Costo de insumos	3	1	1	2	2	3	3	108
	Mano de obra recolectora	1	1	1	2	2	2	2	48
Transporte primario	Estado de las rutas	1	1	2	2	2	2	2	32
	Distancias de recorridos	1	1	2	2	2	2	2	32
	Alternativas de transporte	1	1	2	3	3	3	3	162
	Costos de transporte	1	1	2	2	2	2	2	32
	Tiempos de recepción	1	1	2	1	1	3	2	8
Secamiento	Limpieza	1	1	1	1	1	2	2	4
	Paso por torres de secado	1	1	1	1	1	3	3	9
	Estabilización en silos	1	1	1	1	1	2	2	4
	Ventilación	1	1	1	1	1	2	2	4
	Controles de gastos en los procesos	1	1	1	1	1	4	4	16
Almacenamiento	Preservación de la calidad	1	1	1	1	1	2	2	4
	Métricas de stock	1	1	1	1	1	3	3	9
Trilla y Molienda	Verificación del descascarado	1	1	1	1	1	2	2	4
	Clasificación óptica del grano	1	1	1	1	1	2	2	4
Comercialización	Empaque	1	1	1	1	1	2	2	4
	Distribución	1	1	1	1	1	2	2	4
	Empresas en el mercado	1	1	1	1	1	4	4	16
Tecnología	Cosecha	1	1	1	1	2	3	3	18
	Transporte	1	1	1	1	1	3	4	12
	Secamiento	1	1	1	1	1	3	3	9
	Almacenamiento	1	1	1	1	1	2	2	4
	Trilla y molienda	1	1	1	1	1	2	2	4

Valoración de nivel (Variable x Calificación)

Bajo = 1 a 7	Medio = 8 a 48	Alto = más de 48
--------------	----------------	------------------

Variable financiera	Peso	Justificación
Geopolítica global	10	Orden y sucesos de índole global con repercusiones nacionales y en particular en la industria arrocera
Exportación	10	Salida legal del producto que afecta la productividad
Importación	10	Ingreso legal del producto que incide en la dinámica de compras industriales y precios al agricultor nacional
Políticas fiscales	20	Regular precios y estimulación económica que tienen efectos en la estabilidad de siembra y cosecha del producto
Políticas sociales	20	Impacta en la dignificación del trabajo agrario, calidad de vida y seguridad alimentaria
Competitividad de mercados	15	Influencia en precios al productor y condiciones de comercialización
Rentabilidad	15	Beneficios para los productores que determina su continuidad en el renglón productivo

Los datos emergentes de alta preocupación corresponden a las políticas fiscales, sociales, la competitividad en el mercado y la rentabilidad. Las dos primeras corresponden a manejo del Estado y la capacidad de organización del gremio para alcanzar las medidas que en realidad den respuesta a las necesidades mayúsculas a solucionar en este aspecto, que, entre otras cosas, son parte de las negociaciones más recientes entre el ejecutivo mediadas por el Ministerio de Agricultura y los arroceros; por tanto, más objeto de seguimiento antes de considerar acciones consecuentes (MinAgricultura, 2026).

En cuanto al mercado la afectación deriva del oligopolio constituido por tres grandes conglomerados empresariales (Diana Corporación, ORF y Arrocera Sonora a la cabeza), controladoras del 68% del mercado nacional (Moreta, et al., 2024), sin un cambio estructural sustancial en este sentido desde más de diez años del siglo XX y los veintiséis años del presente siglo XXI, lo cual impide o dificulta la llegada de nuevos competidores, esas barreras de ingreso corresponden a procesos que se escapan de la capacidad de manejo de una estancia como FEDEARROZ.

La rentabilidad, por su parte, se muestra como una variable dependiente, dado que, si es susceptible de cambios positivos, sin incurrir en afirmar que a través del análisis y la propuesta aquí contenidos sean modificaciones con un poder transformador al punto que se requiere, pero, si dentro de la potestad de actuación de FEDEARROZ, en atención a los criterios de afectación moderada, las cuales son motivo de formulación estratégica en el apartado correspondiente a la propuesta.

A su vez, los investigadores consideran pertinente, fijar una postura argumentativa frente a la calificación de incidencia atribuida a la situación climática, toda vez que, en una serie de documentos que abordan lo referente a la industria del arroz, se le ubica como una cuestión de alta preponderancia por ser una variable de incertidumbre y descontrol. No obstante, desde las teorías contemporáneas, los comportamientos de la naturaleza son hechos ajenos al control por acción humana, y atribuirles ese calificativo es desviar la responsabilidad primaria, que no yace en la naturaleza como mala o buena, siendo simplemente natural.

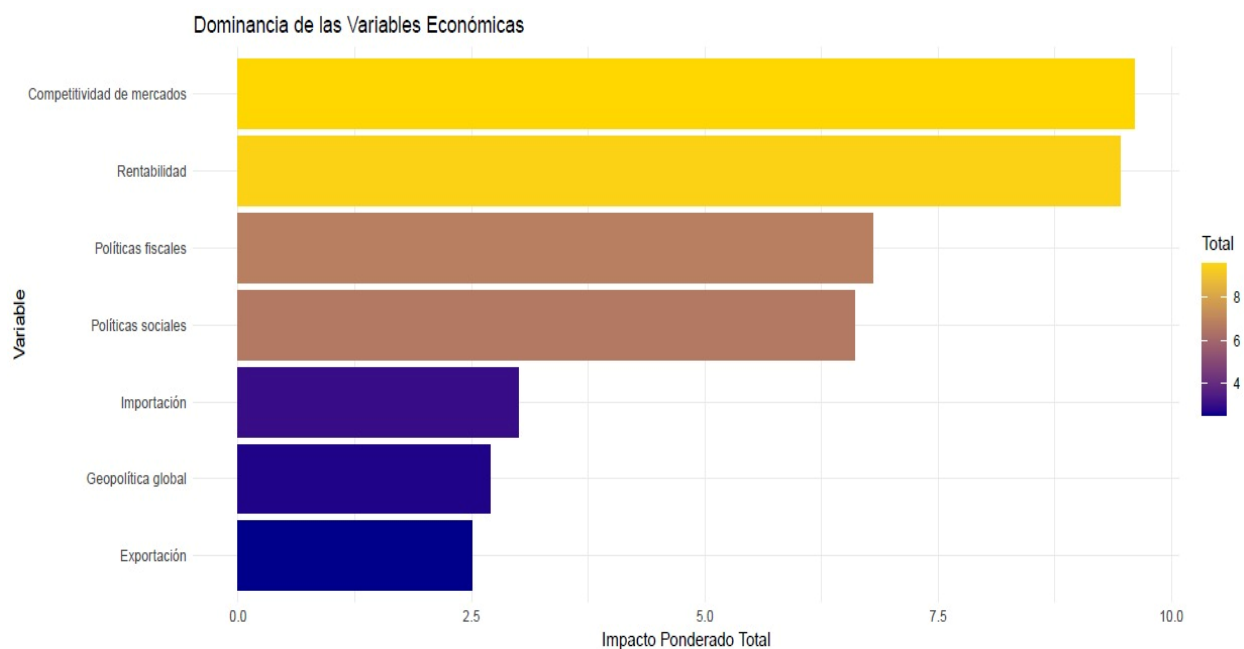
La resignificación de la naturaleza y su dignificación ante la visión del hombre, debe ir con la asunción de como ella requiere ser materia de análisis y adaptación respetuosa en la sociedad y el ser humano, a través de políticas tanto fiscales como sociales, aunado al papel de corresponsabilidad ciudadana. En este mismo sentido, la adaptación a la variabilidad climática para Fernando, et al. (2025) es asumir que:

La adaptación climática eficaz va más allá de los enfoques técnicos e incluye marcos normativos y estrategias de participación del consumidor. Los mecanismos regulatorios que rigen la asignación de agua, los incentivos económicos que premian el mantenimiento de la calidad y las prioridades de financiación de la investigación influyen significativamente en la capacidad de adaptación (p. 3).

4.2.3 Correlación de los análisis multicriterio

El segmento de las correlaciones derivado del análisis multicriterio permite evaluar aspectos posibles como: la dependencia, así como redundancia o conflicto entre los criterios usados para valorar las diferentes alternativas que motivan la toma de decisiones. En este caso puntual, el presente Análisis Multi Criterio revela la estructura de riesgos y prioridades para la operación (una cadena de valor agroindustrial). A continuación, se realiza un desglose exhaustivo de los resultados:

Figura 7. *Dominancia de las variables económicas*



La figura 7 mide qué políticas o variables macro tienen mayor peso específico en la operación global, en este sentido emerge:

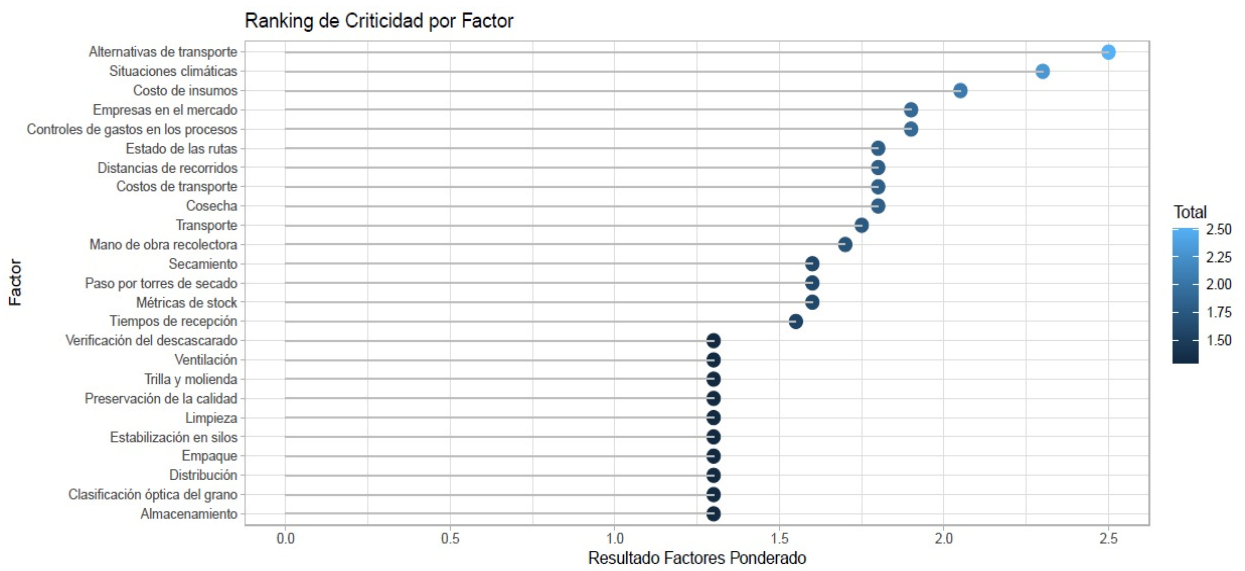
Liderazgo de Mercado y Utilidad: la Competitividad de mercados y la Rentabilidad son las variables dominantes (cerca de 9.0 en impacto ponderado). Esto indica que la operación es altamente sensible a las variaciones de precios del sector y a los márgenes de utilidad neta.

El Bloque Institucional: las Políticas fiscales y sociales ocupan un segundo escalón de relevancia. Esto sugiere que la carga tributaria, el entorno social y las estrategias de productividad agrícola (posiblemente gremiales o de comunidades locales) tienen un impacto moderado-alto.

Baja Sensibilidad Exterior: curiosamente, la Exportación, la Geopolítica global e incluso la Importación muestran los niveles más bajos de dominancia. Cuestión que se pondera en jerarquía de responsabilidad ante las anteriores variables y que obedece a como la operación está enfocada primordialmente en el mercado interno producto de una limitada competitividad internacional sin respuesta adecuada ante los grandes productores subsidiados en el orbe global, situación de vieja data sin manejo estatal pertinente, que involucre estrategias más allá de los subsidios y que doten a la producción interna de mayor calidad y perspectivas de competitividad.

Caso que también representa la dependencia de insumos importados para su estabilidad inmediata, en razón a que, no se tiene control de los acontecimientos de la geopolítica sumida en eventos cuyo inicio y finalización certera no son una prospección exacta (Bas, 2025); de ahí que, el punto clave recae en las políticas que atiendan esta extrema dependencia, falla la cual hace que la problemática sea reiterativa en la nación, sin prácticas agrícolas acertadas que disminuyan la extrema dependencia y propendan a un índice más alto de autonomía; esto último, logro de Vietnam y China como principales actores que han conquistado mayor independencia en insumos para la producción de arroz (Chung, et al., 2026).

Figura 8. Ranking de criticidad por factor



Nota. Elaboración propia por software estadístico

La figura 8 se ocupa del Ranking de Criticidad (Logística y Clima) por Factor. De este modo, se observa cuáles son los "puntos de dolor" o cuellos de botella específicos de la operación, desagregados de la siguiente manera:

Alternativas de transporte: es el factor más crítico. La falta de opciones para movilizar la carga representa el mayor riesgo operativo.

Situaciones climáticas: la vulnerabilidad ante el clima es alta, lo cual es coherente con actividades agrícolas (cosecha y secado).

Costo de insumos: el tercer factor de mayor peso, impactando directamente la rentabilidad mencionada en el gráfico anterior.

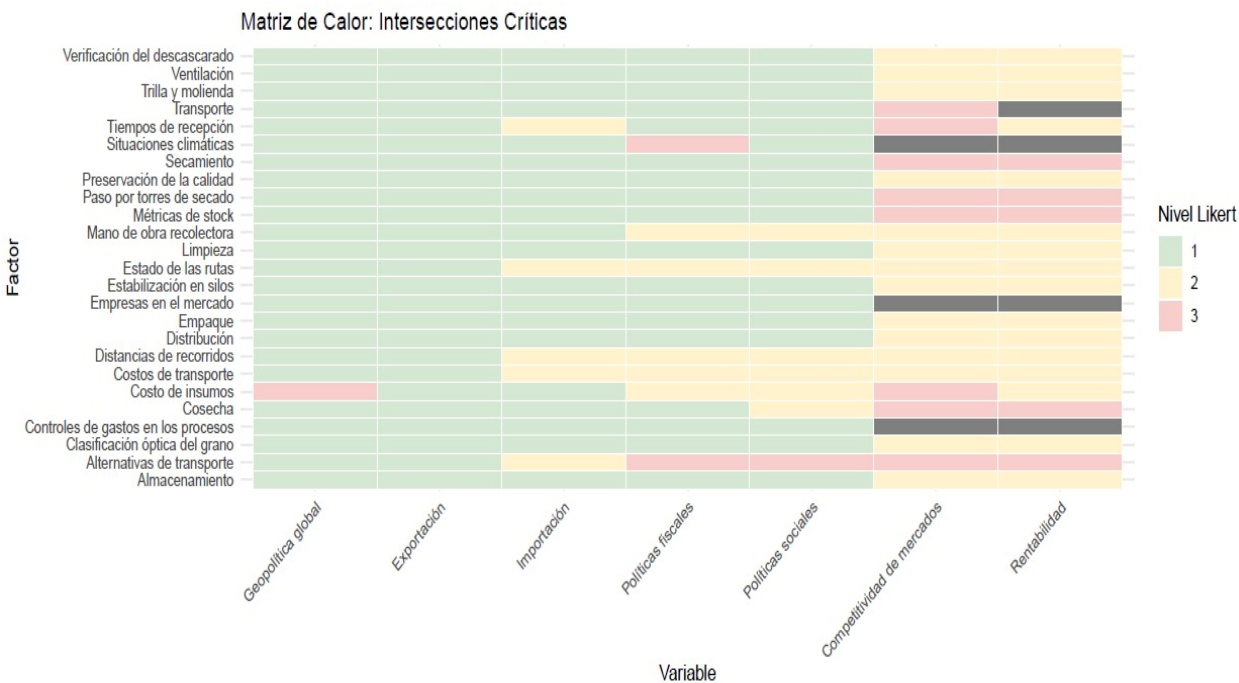
Factores de Control Interno (Zona Media): elementos como "Controles de gastos", "Estado de las rutas" y "Mano de obra" se mantienen en un nivel intermedio. No son crisis inmediatas, pero requieren monitoreo constante.

Procesos Estandarizados (Zona de Seguridad): los factores como "Almacenamiento", "Empaque" y "Distribución" aparecen al final del ranking.

En suma, la empresa tiene bajo control sus procesos internos de planta, pero es sumamente vulnerable a factores externos (clima y logística de transporte). Al respecto, en lo que compete al clima es de señalar como no se trata solo de ser reactivo de forma intempestiva ante la eventualidad, sino disponer de protocolos que se activen una vez conocida la problemática y que sean responsivos verdaderamente a la situación en cuestión, no producto de una ruta de atención a *per se*, sino trabajos objetivos y rigurosos con micro ensayos de alcance exploratorio que bien pueden ser localizados y luego aglutinados para hallar convergencias y discrepancia entre los contextos, y que provean datos sobre su efectividad (Fernando, et al., 2025). De lo contrario, es una acción sesgada de ensayos subjetivos sin sustento y que oscilan entre acierto tipo serendipia o errar con los costos propios de ello.

En cuanto a la logística sin diversificar, ello hace obligatorio la sumisión a una sola alternativa con la carga total de sus aspectos deficitarios y onerosos directamente por la cadena productiva del arroz, sin otra alternativa de manejo (Prabowo y Pudjianto, 2023).

Figura 9. Matriz de calor: intersecciones críticas



La figura 9 Matriz de Calor (Intersecciones Críticas) es un gráfico que cruza la operatividad con la economía. Los resultados arrojados fueron:

Zona Roja (Nivel Likert 3 - Alta Sensibilidad): situaciones climáticas vs. Políticas fiscales: existe una intersección crítica aquí. Esto podría indicar que los impuestos o beneficios fiscales no están alineados con las realidades de pérdida por clima.

En este sentido es de señalar que el Estado ha dispuesto según FEDEARROZ (2025), incentivos de almacenamiento, subsidios a la producción de insumos, regulación de precios, controles a las importaciones, alianzas de compras directas públicas, alivios financieros junto a créditos con intereses bajos; no obstante, adicional a la no formulación de un marco tributario flexible, son cuestiones que a la fecha han mostrado quedarse cortas para equilibrar las dificultades que atraviesa este renglón productivo, en la medida que los almacenamientos de los fondos y los molinos no solucionan a cabalidad el problema de los cultivadores, y las alianzas de compra ante

sobreproducción no copan la necesidad de recuperación de lo invertido, y los alivios financieros siguen siendo costos que golpean la economía signada por pérdidas del agricultor máxime sin ser propietario de tierras (Bonilla et al., 2026).

Costos de insumos vs. Geopolítica: aunque la geopolítica es baja en el total, afecta puntualmente el costo de lo que se compra (posiblemente fertilizantes o maquinaria). Los insumos constituyen una vulnerabilidad estructural ante los mercados internacionales, y la nación sin una capacidad de autosuficiencia o una alta cobertura de la demanda redundarán la problemática, consecuentemente poseedora de una presencia recurrente (Chung, et al., 2026).

Alternativas de transporte vs. Competitividad: la falta de opciones de transporte está golpeando directamente la capacidad de competir en el mercado. La concentración de movimiento de carga por camiones y tractomulas, sin otras opciones eleva los costos del sector productivo agrícola, con sus problemas de alto valor de combustibles, peajes y el deterioro de las vías que resta agilidad a la movilidad (El Espectador, 2026, abril).

Zona Gris/Naranja (Competitividad y Rentabilidad): las columnas de Competitividad de mercados y Rentabilidad están densamente pobladas con niveles 2 y 3. Esto confirma que casi todos los factores operativos (desde la recepción hasta la molienda) tienen un impacto directo en el bolsillo del negocio. No hay procesos "aislados" del resultado financiero. La problemática es de reconocimiento, ante lo cual FEDEARROZ ha buscado mediante la transferencia de experiencias exitosas entre agricultores mejorar la competitividad y la rentabilidad del productor (Duarte y Paramo, 2026); aunque, desde un concepto subjetivo del grupo investigador, sigue siendo corto frente a la serie de necesidades demandantes de una intervención integral que se ocupe de cada aspecto que afecta la cadena productiva.

Zona Verde (Nivel Likert 1 - Resiliencia): la Exportación y la Geopolítica son las áreas con más cuadros verdes. La operación está "blindada" o es indiferente a lo que suceda en estos ámbitos en la mayoría de sus procesos internos (como ventilación, limpieza o métricas de stock).

4.3 Construcción de propuesta y sus estrategias, según objetivo tres

4.3.1 Sistematización de hallazgos

El proceso construye cuadrículas personalizables, por columnas que determinan los aspectos relevantes de la información en cuestión, de tal forma que su contenido ofrece el material más relevante para el alcance de lo propuesto en este sentido, y lograr una amplia comprensión de situaciones como innovaciones o estrategias conducentes a mejorar las prácticas agroindustriales del renglón arrocero producto de proceso investigativos aportantes de indicadores referentes a sus impactos (Ver anexo C).

4.3.2 Buenas prácticas agroindustriales del arroz en otros países

La matriz de aportes valiosos asociados a buenas prácticas agroindustriales que inciden sobre la productividad tomas dos ejes particularmente decisivos para la reconversión logística y productiva del arroz. El primero se ubica en Bangladesh (Nath, et al., 2025), donde la intervención pública intensiva, materializada en políticas de mecanización de gran alcance, se convierte en un factor estructurante para escenarios marcados por minifundio y elevada exposición climática. La Política Nacional de Mecanización Agrícola de ese país, al subsidiar hasta 70% de la maquinaria especializada, como trasplantadoras, cosechadoras y equipos afines, y al promover esquemas de alquiler orientados a pequeños productores, opera eficazmente porque enfrenta de manera

simultánea tres distorsiones de mercado: la escasez aguda de trabajo rural, la limitada capacidad de inversión privada y las pérdidas post cosecha derivadas de ventanas climáticas cada vez más estrechas.

La eficacia proviene, en realidad, de la articulación entre subsidio a la demanda y consolidación de un ecosistema local de servicios de maquinaria, con fuerte base emprendedora. En Colombia, sin embargo, el obstáculo principal no es la disponibilidad tecnológica, sino la viabilidad del modelo de negocio y la escala de operación: la atomización de la propiedad rural y la debilidad de la asociatividad dificultan recuperar la inversión en equipos de precisión, incluso bajo apoyo estatal. A ello se añade una restricción fiscal evidente, pues la capacidad presupuestal colombiana para otorgar subsidios no reembolsables de esa magnitud es mucho menor que la de Bangladesh; de ahí que resulte más razonable explorar mecanismos de cofinanciación, líneas compensadas a través de Finagro y, en todo caso, dispositivos intensivos de asistencia técnica para estructuras cooperativas de uso compartido de maquinaria.

Un segundo eje se deriva del examen de cadenas de suministro en el Sudeste Asiático y otros mercados emergentes (Annamalah, et al., 2025; Chung, et al., 2025; Boşcoianu, et al., 2025). Allí se constata que la competitividad logística del arroz no descansa únicamente en la mecanización física y toma especial protagonismo la capacidad de la cadena para responder con resiliencia y flexibilidad ante la incertidumbre. Prácticas como el cross-docking en entornos europeos o la flexibilización del servicio logístico en Corea del Sur reducen las fricciones temporales y los costos de mantener inventarios en contextos altamente volátiles, donde confluyen oscilaciones de precios y variaciones abruptas de la demanda.

Las mencionadas configuraciones se apoyan en una madurez digital elevada, indispensable para el monitoreo de riesgos y la integración de información a lo largo de los eslabones. La

evidencia aportada por Annamalah, et al. (2025) sostiene que el seguimiento proactivo de riesgos vinculados a procesos, demanda y abastecimiento funciona como mediador decisivo del desempeño logístico; en contraste, limitarse a identificar riesgos sin desplegar acciones de mitigación carece de efectos tangibles. Para el caso colombiano, el principal freno a una lógica de hiper-eficiencia radica en la informalidad y en la asimetría informacional entre molinos, transportadores y comercializadores.

Mientras las PYMES del Sudeste Asiático han avanzado hacia la integración vertical y la colaboración regional, la cadena arrocería colombiana continúa fragmentada, con procesos poco estandarizados, trazabilidad incompleta y escasa posibilidad de aplicar, a gran escala, herramientas avanzadas de gestión de riesgos como IoT, salvo en algunos ingenios de mayor tamaño.

Desde la perspectiva de la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático, la experiencia australiana (Fernando, et al., 2025) y el estándar SRP aplicado en Vietnam (Chung, et al., 2026) delinean una ruta de intervención con alta pertinencia para Colombia. El valor de estas prácticas reside en su capacidad para vincular la calidad del grano y el acceso a mercados de mayor valor con una reducción verificable de la huella ambiental, especialmente mediante el uso eficiente del agua y la disminución de insumos químicos. En el caso colombiano, la barrera reside en la transferencia tecnológica, en la desconexión entre la política de extensión agropecuaria y los incentivos de mercado.

A diferencia del Delta del Mekong, donde la presión de compradores globales ha impulsado la adopción de certificaciones verdes, el mercado interno colombiano exhibe una sensibilidad muy alta al precio y una débil diferenciación por atributos de sostenibilidad. En consecuencia, la adopción masiva de prácticas ecológicas dependerá menos de la disposición ambiental del productor que de la capacidad conjunta del Estado y la agroindustria para construir

una prima comercial o un acceso preferencial que compense los costos de transición hacia sistemas productivos más sostenibles y tecnológicamente sofisticados.

La literatura internacional también aporta dos referencias adicionales de gran utilidad para la modernización del sector arrocero colombiano, una centrada en la resiliencia climática y la conservación de la calidad del grano en Australia, y otra orientada a la optimización logística mediante centros de consolidación y recursos digitales en Europa del Este. A diferencia de las intervenciones estructurales basadas en subsidios amplios, como las observadas en Bangladesh, estos enfoques priorizan la eficiencia operativa y la adaptación agronómica de alta precisión.

La experiencia australiana descrita por Fernando, et al. (2025) se distingue por una mirada sistémica sobre la degradación cualitativa del grano provocada por el estrés climático. El eje explicativo descansa en el conocimiento detallado de la fisiología del arroz japonica sometido a temperaturas extremas -por encima de 35 °C o por debajo de 15 °C- y a condiciones de déficit hídrico. Su funcionamiento obedece a la integración de tres componentes operativos, programas de mejoramiento genético que privilegian la estabilidad de la amilosa y la tolerancia al frío, como ocurre con la variedad Sherpa; tecnologías de fenotipado de precisión, entre ellas imágenes hiperespectrales y machine learning, orientadas al seguimiento en tiempo real de la formación de tiza y de la composición proteica; y, finalmente, esquemas de manejo hídrico más eficientes, como el secado alterno (AWD) y la inundación diferida (DPW), que han mostrado capacidad para reducir el consumo de agua y las emisiones de metano sin afectar de forma sustancial el rendimiento industrial.

En Colombia, existen limitaciones como el acceso a estas tecnologías de observación, la escasa articulación entre centros de investigación como Agrosavia y Fedearroz y la estructura comercial. Mientras Australia opera con una cadena integrada y dirigida a nichos de alta calidad,

en Colombia las señales de precio apenas distinguen atributos culinarios o rendimiento de grano entero, lo que desalienta la inversión en tecnologías costosas de manejo y riego de precisión. A ello se suma la fragmentación predial en zonas como la Mojana o el Bajo Cauca, que complica la puesta en marcha de protocolos uniformes de monitoreo climático a nivel de lote, requisito básico de la agricultura inteligente que Australia resuelve gracias a su gran escala territorial y a una sólida red de extensión cooperativa.

Por su parte, el modelo de cross-docking en mercados emergentes europeos estudiado por Boşcoianu, et al., (2025) ofrece una referencia cuantitativa especialmente útil para reducir los sobre costos que afectan a la cadena arrocera colombiana. La investigación muestra que la ubicación estratégica de plataformas de cross-docking en nodos como Budapest permite disminuir hasta en 10,61% los costos logísticos de entrada, gracias a la eliminación del almacenamiento estático y a una consolidación más eficiente de las cargas. Su lógica de funcionamiento se basa en atacar la ineficiencia inherente a los flujos de mercancías fragmentados. Mediante un análisis de costeo basado en actividades (ABC) articulado con criterios ESG, el estudio revela que la mano de obra y la utilización de equipos son los principales generadores de costo, con participaciones cercanas a 35–40% y 25–30%, respectivamente. La incorporación de inteligencia artificial para el ruteo dinámico y la asignación de muelles reduce tiempos de tránsito y, en el escenario óptimo, evita la emisión de 486 toneladas anuales de CO₂, evidencia una relación virtuosa entre rentabilidad y sostenibilidad.

No obstante, replicar esta arquitectura en Colombia la configuración espacial de la cadena y su elevado grado de informalidad. Mientras Europa del Este dispone de corredores industriales definidos y una demanda manufacturera concentrada, la logística arrocera colombiana se caracteriza por una dispersión territorial extrema entre zonas productoras y centros de consumo de

gran escala, como ciudades principales, a lo que se suma una intermediación informal persistente. Un esquema de cross-docking exigiría infraestructura física y digital, estimada en el estudio entre 142 y 187 mil euros, también hacer un ejercicio de reingeniería de los acuerdos comerciales para asegurar masa crítica de carga paletizada y estandarizada. La ausencia de una política nacional de normalización de empaques -sacos, big bags, pallets- y la baja adopción de trazabilidad en tiempo real en el transporte intermunicipal restringen severamente la aplicabilidad inmediata de los algoritmos de optimización logística descritos para el caso europeo.

La evidencia procedente de Corea del Sur (Chung, et al., 2025) introduce una perspectiva especialmente valiosa sobre la administración de la incertidumbre logística mediante la flexibilidad del servicio y el uso estratégico de sistemas de información en cadenas complejas. El estudio demuestra que, en el dinámico entorno del comercio electrónico transfronterizo, las respuestas empresariales frente a la incertidumbre no son homogéneas: la incertidumbre externa -aduanas, variabilidad de la demanda, restricciones de mercado- estimula mayores grados de flexibilidad operativa, expresados en la reconfiguración de rutas y modalidades de transporte; por el contrario, la incertidumbre interna -fallos de inventario, errores de pronóstico- tiende a desalentar el uso de sistemas digitales avanzados y favorece la reaparición de soluciones manuales y ad hoc.

Este patrón funciona en Corea del Sur porque existe una base digital madura y una cultura gerencial centrada en la visibilidad end-to-end, lo que permite que los LIS operen como mecanismo de sensing y seizing de capacidades dinámicas. La barrera fundamental para trasladar esa lógica a la cadena arrocera colombiana es la brecha digital combinada con la atomización de la información logística. A diferencia de las plataformas coreanas, que integran en tiempo real datos de transporte, inventario y aduanas, en Colombia la trazabilidad del grano se quiebra entre

múltiples eslabones informales. La lección es clara: la inversión en TIC para la logística arroceras -sensores IoT en silos, TMS colaborativos y plataformas de coordinación- debe acompañarse de un cambio en la conducta gerencial, orientado a formalizar protocolos de intercambio de datos y a formar mandos medios y transportadores capaces de confiar en recomendaciones algorítmicas, evitando la microoptimización manual que, como se observa en el caso coreano, termina por reducir la flexibilidad y erosionar la eficiencia del sistema.

A su vez, la experiencia indonesia (Putra, et al., 2021) ofrece un marco metodológico sólido para anticipar la volatilidad de los precios del arroz mediante la articulación de variables macroeconómicas y dinámicas climáticas asociadas a ENSO e IOD. El empleo de modelos ARCH-GARCH a escala provincial permitió establecer que factores como el tipo de cambio, los precios internacionales, la inflación y los índices climáticos del Pacífico y del Índico explican, en promedio, 75% de la variabilidad de los precios en los mercados locales. Su utilidad deriva del reconocimiento de la doble naturaleza del riesgo arroceras en economías emergentes: una alta exposición a choques externos, tanto monetarios como climáticos, combinada con una limitada capacidad de los pequeños productores para amortiguar esas fluctuaciones.

Bajo esa lógica, la modelación predictiva habilita al gobierno indonesio para definir intervenciones focalizadas, gestionar reservas y ajustar precios de compra al productor con mayor oportunidad, al tiempo que reduce la probabilidad de crisis alimentarias regionales. En Colombia, adoptar herramientas de ese tipo es de carácter institucional y de escala. Aunque el DANE y el Banco de la República poseen capacidades estadísticas relevantes, la utilidad operativa de un modelo ARCH-GARCH para decisiones logísticas y de abastecimiento depende de su desagregación espacial y de su integración con sistemas locales de alerta temprana. El desafío colombiano se vincula con la heterogeneidad microclimática de zonas como Huila, Tolima,

Casanare y Meta, así como con la desconexión entre los pronósticos del IDEAM y las decisiones de siembra y acopio de los pequeños agricultores. Superar esta limitación exige construir sistemas regionales de información de mercados agroclimáticos capaces de traducir grandes indicadores en orientaciones operativas para distritos de riego y centros de acopio municipales.

Desde la integración logística y la gobernanza de datos, ambos estudios -el coreano y el indonesio- convergen en que la gestión eficiente de la cadena arrocerá rebasa por completo la sola inversión en infraestructura física, como vías o silos, y exige una capa de inteligencia digital que coordine simultáneamente los flujos materiales y los flujos de información. En Corea, la flexibilidad operativa se sostiene sobre los que procesan datos generados por múltiples agentes; en Indonesia, la estabilidad de precios se persigue a través de modelos que capturan la interacción entre clima y economía. Trasladar esos principios al contexto colombiano supone diseñar un ecosistema de Logística Arrocerá 4.0 ajustado a la realidad del minifundio y de la intermediación.

Ello implica, implementar pilotos de plataformas colaborativas de transporte que permitan, al estilo de los coreanos, consolidar cargas entre pequeños transportadores y optimizar trayectos de retorno vacíos, con el consiguiente abatimiento del costo del flete; y desarrollar, siguiendo la lógica indonesia, un observatorio regional de precios y volatilidad que incorpore variables climáticas locales para anticipar picos de oferta o episodios de escasez y, con ello, informar las decisiones de compra de los molinos y las políticas de almacenamiento de la Federación Nacional de Arroceros. La restricción transversal sigue siendo la informalidad en la tenencia de la tierra y en la comercialización, un obstáculo que dificulta la agregación de datos confiables y retrasa la adopción de tecnologías que requieren cierto grado de estandarización contractual.

En suma, existen una serie de alternativas de manejo conducentes a dotar la cadena logística del arroz paddy de favorabilidad en su funcionamiento, sin asumirles como fieles calcos

sin una contextualización puntual, se pueden explorar sus alcances de replicación bajo otras condiciones con las particularidades propias de la nación. Sin embargo, lo evidente es que se puede afirmar como el Estado ha sido lento frente al tratamiento de sus políticas públicas en la medida que existen datos empíricos sobre alternativas de manejo, y dejar atrás los problemas cíclicos que aquejan este sector productivo.

4.3.3 Propuesta de mejoras en la logística del arroz paddy

Las necesidades aquí detectadas son trasladadas a un marco lógico, estructurado por filas que poseen una relación causal con la anterior, y cada indicador se hace verificable mediante una fuente de evidencia identificable, los que, a su vez, muestran correspondencia hacia los objetivos específicos a los que se compromete el marco lógico.

La identificación y el análisis rigurosos del problema subyacente en la cadena logística de la industria arrocera, lleva a seleccionar entre varias alternativas aquellas con el enfoque potencialmente más favorable para lograr el resultado deseado y con una perspectiva alta de viabilidad, que se traduce en propósitos y metas, inicialmente y se plasma en la tabla 9, así:

Tabla 7. *Propósitos y metas del plan de mejoramiento de la logística del arroz paddy*

Propósitos	Metas
	Alcanzar en un (100%) la consolidación de las funciones comunicativas y de apoyo del centro.
	2026
<i>Unificar centro informativo en FEDEARROZ de capacidad tecnológica de vanguardia</i>	Segundo semestre en el cual se han de adelantar las responsabilidades asignadas al centro informativo (datos acuerdos con el Estado, sensibilizar a los agricultores sobre los cambios y la función del centro), con un alcance superior al indicador del 60%
	2027
	Primer semestre en el cual se han de adelantar las responsabilidades asignadas al centro informativo (programas de capacitación y Comparaciones multi fuentes recurrente sobre sistemas de control automático), para obtener un alcance del 100%
	Aglutinar y organizar la información logística de servicios transportistas vinculados a la producción arrocera y de las rutas habilitadas para tal efecto
<i>Crear dossier de alternativas logísticas</i>	2026

Propósitos	Metas
<i>mixtas con base en las posibilidades que apertura la IA y RA, y Plataforma Google Earth Pro articulada a la logística</i>	Establecer en el segundo semestre matrices para la captura de información correspondiente, y conseguir datos mínimos en un 50% de los transportistas existentes en Colombia en este sentido organizadas según los territorios de productividad. 2027
<i>Monitorear producción directamente con los agricultores y organizar datos equiparados con la información virtual de la plataforma.</i>	Primer semestre, finalizar la tarea definida en el semestre previo, y avanzar hacia la socialización de los servicios derivados de las TEP para FEDEARROZ y para productores. Fortalecer la participación de los productores como fuentes primarias de datos sobre lo que acontece en el proceso de cultivo y cosecha 2026
	Diseñar proceso programático informativo sobre lo que implica este ejercicio en favor de los productores de arroz, e informar periódicamente su progreso 2027
	Un año para capacitar e involucrar a los productores con los temas de monitoreo, y desmitificar temores ante las nuevas tecnologías. Incluso acompañar mediante asistencia remota de ser necesario.

La información de la tabla 8 plantea centralizar las acciones de cambios desde FEDEARROZ donde se puede ubicar el centro informativo de capacidad tecnológica de vanguardia, de tal forma que se asignen profesionales necesarios con perfiles de ingeniería en software e ingeniero de sistemas, este último con experiencia en educación y en la medida de lo posible en andragogía que se específica para adultos, en consideración a que el acumular un buen saber no va ligado a saber comunicarlo, de ahí el punto de énfasis hacia la experiencia educativa.

En materia de hardware no se demanda de un equipo de altas capacidades, un pc de cualidades medias en su efectividad es funcional, que bien puede corresponder con un procesador Ryzen 7, memoria 16 a 32 Gb, y un disco duro sólido de 500Gb., licencia Microsoft Copilot que ya integra IA, adicionalmente se incorpora el programa Adobe Aero como apoyo de realidad aumentada y compatibles con la Plataforma Google Earth Pro, la cual igualmente debe ser descargada en el equipo para su adecuación, se anexa a su vez, la necesidad de descarga del AnyDesk como herramienta gratuita para la prestación de asistencia remota.

Las bases de datos de transportistas para su configuración se pueden rastrear desde datos abiertos en la virtualidad junto a las referencias aportadas por los arroceros, esto último que puede

ayudar a construir la información adecuada como datos de cada empresa en sus generalidades y calidad de servicio y así viabilizar la creación del dossier de alternativas logísticas mixtas con base en las posibilidades que apertura la IA y RA, y Plataforma Google Earth Pro articulada a la logística.

Con todos los elementos requeridos se da lugar a la programación de capacitaciones para informar al personal de forma sectorizada, de tal manera que se aclaren dudas sobre los servicios del Centro de Información y la necesidad de participación de los arroceros para un trabajo mancomunado, y la vinculación de equipos móviles o equipos portátiles para la interacción en red, así como la elección de nodos de apoyo debido a sus capacidades específicas articulables a los propósitos de incrementar habilidades tecnológicas en los arroceros y monitorear producción directamente con los agricultores y organizar datos equiparados con la información virtual de la plataforma, sobre condiciones climáticas, estado de vías, rutas alternativas y aspectos en este mismo sentido.

El paso subsiguiente corresponde al sistema de indicadores, en el entendido que, un indicador es un medio para medir los resultados reales en comparación con los resultados planificados o esperados en términos de cantidad, calidad y puntualidad. Es decir, se establecen los indicadores en la tabla 9 proveedores de evidencia en función de medir el progreso hacia el logro de propósitos aquí ya descritos.

Tabla 8. Sistema de indicadores para la propuesta en logística del arroz paddy 2026

Denominación	Definición	Finalidad	Periodicidad	Valoraciones
<i>De operatividad</i>				
Nivel de consolidación de datos en el Centro Informativo	Porcentaje de disponibilidad de datos informativos	Rastreo y seguimiento de datos y fijación actualizada de los mismos.	Semestral	1-20% Bajo 21-40% Medio 41-60% Bueno Más de 61% Excelente
<i>De gestión</i>				

Denominación	Definición	Finalidad	Periodicidad	Valoraciones
Grado de progreso proyección de actividades	Porcentaje de programaciones y archivo de información	Cronogramas de trabajo y archivo informativo ágil y de acceso general	Semestral	0-25% Gestión baja 26-75% Gestión media 76%-100% Excelente

Subsecuentemente, se abre el espacio para consignar los relativo a la formulación de una dirección orientada por las estrategias, que dan lugar al plan de acción, a considerar como una matriz de planificación y elaboración concreta que deja ver la conexión ente los objetivos de la propuesta, estrategias, acciones, responsables e indicadores, así como los tiempos involucrados adicional a las evidencias derivadas del proceso. El primer aspecto narrado en el párrafo hace parte de la estructura de la tabla 10, una vez evacuada esa información se exponen los datos en continuación del marco lógico.

Tabla 9. Dirección y estrategias ante el plan de mejoramiento 2026

Propósito	Línea de estrategia	Acciones	Responsable(s)
<i>Unificar centro informativo en FEDEARROZ de capacidad tecnológica de vanguardia</i>	-Gestionar datos acuerdos entre arroceros y el Estado -Sensibilizar a los agricultores sobre los cambios y la función del centro	-Definición líneas de acuerdo y sus progresos. -Lista de chequeo de contactos con agricultores	Ingeniero de software e Ingeniero de sistemas
<i>Crear dossier de alternativas logísticas mixtas con base en las posibilidades que apertura la IA y RA, y Plataforma Google Earth Pro articulada a la logística</i>	-Conseguir datos de los transportistas existentes -Sectorizar transportistas por áreas de producción arroceras	-Elaboración de base de datos -Elaboración de mapeo territorial, rutas y contactos transportistas	Ingeniero de software e Ingeniero de sistemas
<i>Monitorear producción directamente con los agricultores y organizar datos equiparados con la información virtual de la plataforma.</i>	-Plan de actividades con su cronograma -Reuniones por zonas para comunicar actividades, aclarar dudas y referir los beneficios del trabajo.	-Elaboración del planificador. -Diseño de conversatorios	Ingeniero de software e Ingeniero de sistemas

Acorde a lo ya explicitado se procede a la estructuración de lo concerniente a la operación, con los detalles pertinentes para la comprensión del hilo necesario en torno a la propuesta, es decir, la prospectiva que se convierte en la ruta a seguir para su consecución se presenta en la tabla 11 para su observancia.

Tabla 10. Plan de acción operativo del 2026

Plan de acción operativo del 2026				
Propósito: <i>Unificar centro informativo en FEDEARROZ de capacidad tecnológica de vanguardia.</i>				
Línea: Gestionar datos acuerdos entre arroceros y el Estado / Sensibilización población beneficiaria				
Resultado: Fortalecimiento de la asociatividad y los liderazgos				
Indicador de resultado: Información actualizada				
Actividad	Valoración	Responsable(s)	Tiempo	Observable
<i>Acción:</i>				
- Definición líneas de acuerdos negociados con sus progresos.	1-20% Bajo	Ingeniero de software e Ingeniero de sistemas	Julio 2026 a diciembre de 2026	-Elaboración de base de datos.
	21-40% Medio			-Archivo de lista de chequeo
	41-60% Bueno			
-Entrar en contacto con los agricultores	Más de 61% Excelente			
Propósito: <i>Crear dossier de alternativas logísticas mixtas con base en las posibilidades que apertura la IA y RA, y Plataforma Google Earth Pro articulada a la logística.</i>				
Línea: Conseguir datos de los transportistas existentes / Sectorización de la información (mapeo y rutas)				
Resultado: Plataforma Google earth pro configurada				
Indicador de resultado: Acceso a la plataforma y consulta de primeros datos				
Actividad	Valoración	Responsable(s)	Tiempo	Observable
<i>Acción:</i>				
-Consecución de datos transportistas existentes	0-25% Gestión baja	Ingeniero de software e Ingeniero de sistemas	Julio 2026 a diciembre de 2026	-Plataforma Google earth pro (estructuración inicial)
	26-75% Gestión media			
	76%-100% Excelente			
-Creación de sectorización de la información				
Propósito: <i>Monitorear producción directamente con los agricultores y organizar datos equiparados con la información virtual de la plataforma.</i>				
Línea: Plan de actividades cronograma / Reuniones zonificadas				
Resultado: Población informada y activada para el trabajo en red				
Indicador de resultado: Porcentaje de asistentes a las reuniones				
Actividad	Valoración	Responsable(s)	Tiempo	Observable
<i>Acción:</i>				
-Planificación de actividades y cronograma	0-25% Gestión baja	Ingeniero de software e Ingeniero de sistemas	Julio 2026 a diciembre de 2026	-Cronograma a socializar
	26-75% Gestión media			-Acta de reuniones
	76%-100% Excelente			
-Aplicación de conversatorios zonificados y socialización de actividades				

El cierre del desarrollo del presente marco lógico con el Plan de acción operativo del 2026 anexa Seguimiento y valoración del plan. Además, es preciso clarificar que, no se construye la línea lógica de trabajo para el 2027, toda vez que, ello requiere de un balance de ejecución de esta primera labor para la prospección más acorde para el alcance de los objetivos propuestos.

Tabla 11. *Seguimiento y valoración del plan*

Propósito	Actividad	Indicador x 100	Trimestre		Producto
			1	2	
Unificar centro informativo en FEDEARROZ de capacidad tecnológica de vanguardia.	Definición líneas de acuerdos negociados con sus progresos	No. De registros cargados / No. de registros esperados			Base de datos en Excell en carpeta escritorio pc
	Entrar en contacto con los agricultores	No. De registros checados / No. de registros esperados			Lista de chequeo en Word archivo físico y virtual
Crear dossier de alternativas logísticas mixtas con base en las posibilidades que apertura la IA y RA, y Plataforma Google Earth Pro articulada a la logística.	Consecución de datos transportistas existentes	No. De registros cargados / No. de registros esperados			Plataforma Google earth pro (estructura inicial)
	Creación de sectorización de la información	No. De registros cargados / No. de registros esperados			
Monitorear producción directamente con los agricultores y organizar datos equiparados con la información virtual de la plataforma.	Plan de actividades con su cronograma	No. De actividades fechadas / No. de actividades creadas			Ficha de actividades con su planificación y Cronograma
	Reuniones por zonas para comunicar actividades, aclarar dudas y referir los beneficios del trabajo.	-No. de agricultores asistentes/ No. de agricultores convocados			Lista de chequeo personas contactadas Acta de reunión con asistencia

La tabla 12 Seguimiento y valoración del plan con un marco de tiempo de seis meses segmentados por trimestres, permite hacer el acompañamiento valorativo al trabajo prospectado como mejora en cuanto a la logística del arroz paddy. Este tipo de elementos se propone en dos ángulos; uno, como entrega de avance sobre las responsabilidades asignadas a FEDEARROZ, y

dos, reuniones con los arroceros trimestrales para la exposición de avances, escucha activa de propuestas enriquecedoras o inquietudes a subsanar con la población beneficiaria, de tal modo que se materialice una gestión mancomunada con amplia participación de los arroceros, y que se genere un buen vínculo comunicativo institucional, así como elevar la satisfacción de los afiliados a FEDEARROZ, y finalmente que lo ejecutado en verdad alcance el impacto prospectado.

5. Discusión

La interpretación de los resultados obtenidos permite confirmar que el mercado del arroz paddy en Colombia, durante el periodo 2015-2025, se ha consolidado como un sistema de alta complejidad donde la inestabilidad de precios no es una anomalía, sino una característica estructural. Al analizar la dinámica histórica, se observa que la volatilidad no responde únicamente a ciclos económicos tradicionales, sino a una red de dependencias biofísicas y de mercado. Especialmente en los picos registrados entre 2022 y 2023, se hace evidente que el valor del grano está intrínsecamente ligado a los ritmos de la naturaleza; factores climáticos y biológicos que escapan por completo al control de la voluntad humana y que definen la viabilidad financiera del productor (Galindo y Pérez, 2025).

En este escenario, la incertidumbre y la complejidad se establecen como las verdaderas “reinas” de la dinámica sectorial, obligando a los actores de la cadena a operar bajo una lógica de gestión de riesgos constante, más que bajo una planificación lineal tradicional. Esta realidad coincide plenamente con lo expuesto por la FAO (2021), que argumenta que la recurrencia de shocks climáticos y las disrupciones en las cadenas de suministro han generado una vulnerabilidad estructural en los mercados emergentes. Esta condición provoca una rigidez en la respuesta de la

oferta que dispara la incertidumbre, fenómeno que se observa con nitidez en las fluctuaciones de rendimiento por hectárea identificadas en el diagnóstico de este proyecto.

Ante la imposibilidad de domesticar estas variables naturales, la investigación revela que la respuesta estratégica no debe buscarse en el control del precio por sí mismo, sino en el fortalecimiento de la capacidad adaptativa del sistema. Los datos recolectados muestran que los momentos de mayor crisis en la industria molinera han coincidido con fallas en la previsión de inventarios y una respuesta tardía ante los cambios del entorno. Esto se ve agravado por un costo logístico nacional que, aunque mostró una leve mejoría hacia el 2024 descendiendo al 15,6%, sigue representando una barrera crítica para la competitividad, especialmente cuando se compara con estándares internacionales de eficiencia (Chopra & Meindl, 2019).

La caracterización de los procesos logísticos que incluyen el abastecimiento de materia prima, el secado, el almacenamiento y la distribución, revela que la eficiencia de estas etapas es la que determina la resiliencia del sector. El proceso de abastecimiento se identifica como el primer punto crítico; la falta de una coordinación precisa entre la cosecha en campo y la capacidad de recepción de la industria genera cuellos de botella que elevan drásticamente los costos operativos. Cuando la oferta se concentra en periodos cortos debido a ciclos climáticos, los molinos enfrentan presiones que derivan en ineficiencias de manejo y sobrecostos por tiempos de espera (Christopher, 2016).

En este contexto, el proceso de secado y almacenamiento emerge no solo como una etapa técnica, sino como un regulador estratégico de la volatilidad del precio. En las cadenas de suministro globales, el almacenamiento funciona como un pulmón que estabiliza la oferta; sin embargo, en Colombia, esta función se ve limitada por una infraestructura que, aunque ha crecido, aún presenta rezagos en tecnificación y capacidad en las zonas de mayor producción. Sin silos

adecuados y sistemas de secado eficiente, el molino pierde su capacidad de maniobra frente a los picos de oferta, quedando a merced de la inmediatez del mercado (Chopra y Meindl, 2019).

Al profundizar en el macro entorno mediante el análisis PESTEL, se observa que factores políticos y legales, como la inestabilidad en la normatividad logística y la falta de políticas de largo plazo para el sector rural, exacerban la incertidumbre económica. La dimensión política juega un papel ambivalente: mientras existen intenciones de fomento, la ejecución de políticas de precios mínimos o subsidios a menudo llega de manera desfasada. Esta inestabilidad normativa impide que la industria molinera realice inversiones de capital a largo plazo en tecnología logística, perpetuando el uso de sistemas obsoletos.

La dimensión social y ambiental del PESTEL configuran un entorno de alta presión. La brecha tecnológica en las zonas de cultivo y la resistencia al cambio en ciertos sectores productivos limitan la adopción de mejores prácticas. Simultáneamente, la exposición constante a fenómenos como "El Niño" o "La Niña" obliga a la industria a internalizar costos de adaptación que reducen su margen de maniobra frente a productos importados. Estos componentes externos alimentan la volatilidad detectada en la última década, creando un entorno donde la competitividad se mide por la capacidad de absorber choques externos más que por la eficiencia interna (Maulana, et al., 2023).

En el micro contexto, el análisis de las cinco fuerzas de Porter permite identificar una rivalidad interna intensa entre los molinos por asegurar materia prima de calidad. El poder de negociación de los proveedores (productores) está fuertemente condicionado por los precios internacionales y los costos de los insumos, lo que genera una tensión constante en el primer eslabón de la cadena. La amenaza de nuevos competidores y de productos sustitutos se mantiene latente bajo las condiciones de tratados comerciales, lo que obliga a la industria nacional a buscar eficiencias extremas para no perder cuota de mercado frente al arroz importado (Porter, 2008).

Por otro lado, el poder de los compradores finales, grandes superficies y distribuidores mayoristas, presiona hacia la baja los precios de salida del molino. Este equilibrio de fuerzas sugiere que la industria molinera colombiana opera bajo un “efecto sándwich” de márgenes estrechos: costos de insumos y materia prima al alza, y precios de venta al consumidor final estancados o presionados a la baja. En este escenario, cualquier ineficiencia en los procesos de transporte o procesamiento puede comprometer la viabilidad financiera de toda la organización, haciendo de la logística una variable de supervivencia económica (Bolsa Mercantil de Colombia, 2024).

La caracterización logística evidencia además que el transporte terrestre sigue siendo el eslabón más rígido y costoso. La dependencia de las rutas viales para movilizar el arroz desde zonas remotas hacia los centros de transformación expone a la industria a riesgos de interrupción por factores sociales o derrumbes climáticos. En entornos de alta variabilidad, Christopher (2016) sugiere que la agilidad operativa es el único mecanismo de defensa efectivo. Sin embargo, la agilidad en la molinería colombiana se ve truncada por una infraestructura que carece de intermodalidad, lo que impide una respuesta logística dinámica y eleva el costo por tonelada transportada.

Ante este panorama, investigaciones recientes de Guo y Tanaka (2020) refuerzan la idea de que la “resiliencia reactiva” debe ser sustituida por una “resiliencia proactiva”. En la industria molinera, esta transición implica modernizar los procesos para que la toma de decisiones no dependa de datos históricos desfasados, sino de proyecciones basadas en inteligencia de mercado. La digitalización del flujo logístico permitiría a los molinos anticipar las fluctuaciones de oferta y ajustar sus capacidades de almacenamiento de manera más eficiente, reduciendo el impacto de los “shocks” de precios que han caracterizado el periodo 2015-2025.

Un hallazgo fundamental que surge de este análisis es que la herramienta más poderosa para enfrentar la incertidumbre es la comunicación efectiva entre los eslabones. En un mercado marcado por la asimetría de información y la desconexión operativa, la capacidad de transmitir datos veraces y oportunos sobre precios, inventarios y clima se convierte en el activo más valioso de la cadena. Sin esta fluidez comunicacional, los esfuerzos individuales de los molinos o productores se diluyen en ineficiencias sistémicas. La comunicación no es solo un soporte administrativo; es el pegamento que permite que la logística de abastecimiento responda a la realidad del campo y que el productor ajuste su oferta a las capacidades de la industria (Maulana, et al., 2023).

El diagnóstico integral revela que la interacción entre el precio, la producción y la logística crea un ciclo de “productividad fragmentada”. La volatilidad del precio desincentiva la inversión tecnológica, lo que genera una oferta inestable que satura los procesos logísticos en épocas de cosecha y los deja ociosos en periodos de escasez. Esta falta de sincronía es la que eleva los costos de transacción y reduce la competitividad global del arroz colombiano. La paradoja detectada es clara: mientras la teoría de la gobernanza colaborativa resalta que la transparencia reduce costos, la realidad rural refleja una brecha de conectividad profunda que impide que las señales del mercado lleguen oportunamente al productor (CONPES 3982).

Esta asimetría informativa, identificada por Nayyar, et al. (2024) como una barrera estructural que perpetúa las fallas de mercado en los países en desarrollo, se agrava en el campo colombiano debido a la falta de infraestructura digital. Esta situación deja a los pequeños y medianos arroceros vulnerables ante los movimientos bruscos del precio, limitando la efectividad de cualquier estrategia de articulación sectorial. La sostenibilidad de la industria depende, por

tanto, de una transformación en la manera de entender la relación entre el campo y el molino, priorizando la alfabetización digital como una herramienta de competitividad logística básica.

Como señala Ahmad (2025), la digitalización de la base de la pirámide productiva es el prerequisite para la transparencia de precios. Integrar al productor en el ecosistema digital permitiría una planificación de la demanda mucho más ajustada a la realidad climática, convirtiendo la logística en un motor de estabilidad. Solo a través de una red de comunicación robusta y una gestión logística integrada será posible mitigar el impacto de la volatilidad detectada en la última década. El éxito no depende del control de las nubes, sino del flujo de los bits de información entre el molino y el predio.

La eficiencia logística debe entenderse como un componente vital de la seguridad alimentaria nacional. Al fortalecer la comunicación y la infraestructura, la incertidumbre dejará de ser la causa del colapso financiero de los actores del sector. El futuro de la industria arrocera en Colombia transita hacia un modelo de gobernanza más justo y tecnificado, donde la logística, el precio y la producción dejen de verse como variables aisladas para ser gestionadas como un sistema integrado capaz de responder con agilidad a los desafíos de la próxima década.

6. Conclusiones

La caracterización de la dinámica de precios del arroz paddy en Colombia en lo que concierne a los procesos logísticos clave de la industria molinera, deja ver un comportamiento económico fluctuante toda vez que, en la cadenas logística se registran una serie de problemáticas, que se han convertido en obstáculos irresolutos a lo largo de un periodo de tiempo donde se ubican más de un década el siglo XX y lo recorrido del siglo XXI, debilidad que acarrear la persistencia de inconformidades y pérdidas para los agricultores, sumidos en un ejercicio productivo con

incertidumbre. Se trata de un mercado con una alta demanda en materia de consumo interno donde básicamente se centra la actividad comercial, espacio en el cual también debe competir con el ingreso de arroz proveniente de otros países que manejan políticas favorables proveedor de condiciones que rezagan en favorabilidad en lo que toca a las molineras al competidor local.

En cuanto a la evaluación mediante un análisis multicriterio sobre la incidencia de las variables económicas y logísticas detectadas en el primer momento analítico, definen puntos que van desde la presencia baja, moderada, alta y crítica por su afectación sobre la estabilidad de la productividad. En esta fase del estudio se encontró que, los problema se ubican a lo largo de la cadena logística desde la siembra supeditada a insumos extranjeros susceptibles a las alteraciones geopolíticas, la cosecha ante una naturaleza que no se sujeta al control humano, la dependencia de una sola opción transportista que transfiere sus propias problemáticas con encarecimiento a la movilidad del arroz, la transacción comercial ante un oligopolio que impone criterios de negociación, y en medio de ello como las más críticas unas políticas financieras y sociales apocadas en su interpretación de la realidad y la subsecuente atención sin un cambio significativo por años, lo cual en síntesis, da la radiografía perjudicial especialmente para los productores de arroz en una lucha por vivir dignamente de su trabajo agrícola que a veces les concede bondades económicas en tanto, que en otras los golpea financieramente y los empuja a convertir su situación en manifestación y presión al Estado.

Por otro lado, la propuesta se encuentra orientada hacia la estructuración de un esquema de mejoramiento que articule de manera efectiva a los actores del sector arrocero colombiano, promoviendo dinámicas de cooperación que trasciendan los enfoques tradicionales de operación aislada. En este sentido, se plantean estrategias competitivas encaminadas a fortalecer la integración entre productores, transportistas e instancias institucionales, facilitando la

consolidación de información relevante y el acceso a nuevos mercados. De manera complementaria, la propuesta incorpora un conjunto de estrategias orientadas a mejorar la eficiencia logística frente a escenarios de variabilidad en el precio del arroz, reconociendo la incidencia directa de estos factores sobre la estabilidad del sistema productivo. A través de la optimización de procesos, la reorganización de flujos de información y la adopción de herramientas tecnológicas, se busca reducir la incertidumbre operativa y fortalecer la capacidad de respuesta del sector ante fluctuaciones del entorno, contribuyendo así a una gestión más resiliente y alineada con las exigencias del mercado.

En este orden de ideas, la investigación permite además de evidenciar la complejidad estructural de la cadena logística del arroz paddy en Colombia, plantear una ruta de intervención sustentada en criterios técnicos y organizativos que, aunque condicionada por limitaciones de información y por factores externos no controlables, representa un avance hacia la reducción de ineficiencias y el fortalecimiento del sector; en este sentido, se deja abierta la posibilidad a futuras investigaciones que incorporen herramientas predictivas y evalúen en el tiempo el impacto de las estrategias propuestas, en función de consolidar un sistema logístico más equilibrado, competitivo y sostenible.

Referencias

- Agro Bayer Colombia (2025). *Solución para papa*. Agrobayer. <https://www.agro.bayer.co/es-co/cultivos/papa.html#:~:text=La%20papa%20es%20uno%20de,el%207%25%20a%20procesamiento%20industrial>.
- Al-Hakimi, M.A., Borade, D.B., Saleh, M.H. y Nasr, M.A.A. (2022). El papel moderador de la relación con el proveedor en el efecto del aplazamiento sobre la resiliencia de la cadena de suministro bajo diferentes niveles de incertidumbre ambiental. *Production & Manufacturing Research*, 10(1), 383–409. <https://doi.org/10.1080/21693277.2022.2089264>
- Analuisa-Aroca, I. A. A., Jimber del Río, J. A. J., Ortega, R. S., & Romero, A. V. (2022). Cadenas de Valor Agrícola: Revisión y análisis bibliométrico. *Revista de ciencias sociales*, 28(4), 79-95. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8703833>
- ANDI – Cámara Induarroz. (2025). *Declaraciones sobre la fijación de precios del arroz y su impacto en la industria*. ANDI. <https://www.andi.com.co>
- Annamalah, S., Aravindan, K.L., and Ahmed S. (2025) Resiliencia ante la incertidumbre: Cómo afrontar los desafíos de la cadena de suministro mediante estrategias proactivas de vigilancia y mitigación de riesgos en las PYME de los países de la ASEAN. *F1000Research*, 13, 1037. <https://doi.org/10.12688/f1000research.153654.2>
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministros (5.ª ed.)*. Pearson Educación.
- Banco de la República (2026, febrero). Informe de Política Monetaria - enero de 2026. BanRep. <https://www.banrep.gov.co/es/publicaciones-investigaciones/informe-politica-monetaria/enero->

2026#:~:text=Durante%202025%20la%20inflaci%C3%B3n%20total,2024%20(5%2C2%20%25).

Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). *Logística agroalimentaria en América Latina: Diagnóstico y propuestas para una cadena de suministro eficiente*. IADB. <https://www.iadb.org/es>

Bas, T. G. (2025). Globalization vs. Glocalization: Learn Lessons from Two Global Crises, Such as the Russia–Ukraine Conflict and the COVID-19 Pandemic, for the Agro-Food and Agro-Industrial Sector. *Agriculture*, 15(2), 155. <https://doi.org/10.3390/agriculture15020155>

Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). *Multiple criteria decision analysis: An integrated approach*. Springer.

Bolsa Mercantil de Colombia. (2023). *Informe técnico sobre el comportamiento del arroz paddy en Colombia*. <https://www.bolsamercantil.com.co>

Bonilla, V., Perdomo, K. L., Collazos, M. F., & Martínez, J. (2026). Incentivos fiscales para el fomento de la inversión agrícola en Colombia. *Revista Temario Científico*, 6 (1), 1–23. <https://doi.org/10.47212/rtaAlinin.4.126.7>

Boşcoianu, M., Toth, Z., & Goga, A.-S. (2025). Estrategias sostenibles para reducir los costos logísticos basadas en el cross-docking: el caso de los mercados emergentes europeos. *Sustainability*, 17(14), 6471. <https://doi.org/10.3390/su17146471>

Cataño, D. (2011). *Historia del arroz en Colombia: Economía, sociedad y tecnología (1850–1950)*. Universidad Nacional de Colombia. <https://bdigital.unal.edu.co/38785/>

Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation*. Pearson Education.

Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management (5th ed.)*. Pearson Education.

- Chung, D.H., Manh, N.T., Tan, N.Q. et al. (2026). Los determinantes de la adopción de SRP para la producción sostenible de arroz en el delta del Mekong, Vietnam. *Discover Sustainability*, 7, 190. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01986-0>
- Colombia. Congreso de la República. (1971). *Decreto 410 de 1971: Código de Comercio*. Diario Oficial No. 33.339.
- Colombia. Congreso de la República. (1993). *Ley 101 de 1993: Ley general de desarrollo agropecuario y pesquero*. Diario Oficial No. 41.151.
- Colombia. Congreso de la República. (2008). *Ley 1255 de 2008: Normas para la comercialización de productos agropecuarios*. Diario Oficial No. 47.126.
- Colombia. Congreso de la República. (2013). *Ley 1682 de 2013: Proyectos de infraestructura de transporte*. Diario Oficial No. 48.933.
- Colombia. Congreso de la República. (2022). *Ley 2277 de 2022: Reforma tributaria para la igualdad y la justicia social*. Diario Oficial No. 52.237.
- Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). *Decreto 1071 de 2015: Decreto único reglamentario del sector agropecuario, pesquero y de desarrollo rural*.
- Coşkun, AE, & Erturgut, R. (2024). ¿Cómo afectan las incertidumbres a la resiliencia de la cadena de suministro? El papel moderador del intercambio de información para la gestión sostenible de la cadena de suministro. *Sustainability*, 16(1), 131. <https://doi.org/10.3390/su16010131>
- Chung, S., Kim, H., & Choi, D. (2025). Impactos de las incertidumbres internas y externas en la flexibilidad del servicio logístico en la logística del comercio electrónico transfronterizo: evidencia de Corea del Sur. *Systems*, 13(12), 1082. <https://doi.org/10.3390/systems13121082>

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2024). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2023*. DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>
- DANE (2026). Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA). DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa>
- Departamento Nacional de Planeación DNP (2020). *Documento CONPES 3982: Política Nacional Logística*. Bogotá, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación DNP (2022). *Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026: Colombia, potencia mundial de la vida*. Bogotá, Colombia.
- DNP (2025). La logística del país avanza impulsada por las regiones: menores costos y la logística verde se destacan en la ENL 2024 (Encuesta Nacional Logística). DNP. https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/La-logistica-del-pais-avanza-impulsada-por-regiones-menores-costos-encuesta-nacional-logistica.aspx
- DNP (2025a). El DNP le apuesta al fortalecimiento de la logística agrícola en los territorios para reforzar la seguridad alimentaria. DNP. https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/La-logistica-del-pais-avanza-impulsada-por-regiones-menores-costos-encuesta-nacional-logistica.aspx
- Díaz, R. A., Ávila, D. C., & Calderón, J. A. V. (2022). Efectos de la internacionalización de la economía colombiana en la producción y el ingreso de los sectores arroceros, cafeteros, caña de azúcar y cacao en Colombia.: análisis de datos de panel en los años 2011-2020. *Revista Estrategia Organizacional*, 11(2), 25-47. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8543952>

- Duarte, J. & Páramo, E. (2026). Determinantes de la competitividad en el sector arrocero en Colombia. *UCV HACER*, 15(1), 74-95. <https://doi.org/10.18050/revucvhacer.v15n1a7>
- El Colombiano. (2025, julio). Industria arrocera advierte sobre efectos negativos del alza en el precio regulado. *El Colombiano*. <https://www.elcolombiano.com>
- El País. (2025, julio). Paro arrocero: Productores reclaman precios justos para el arroz paddy. *El País*. <https://www.elpais.com.co>
- El Espectador. (2026, abril). El costo de mover mercancías se come la competitividad en Colombia. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/economia/mover-bienes-en-colombia-cuesta-mas-el-transporte-concentra-el-45-del-gasto-logistico/#:~:text=El%20transporte%20ya%20pesa%2045%20%25%20del,dependencia%20de%20la%20carretera%20afecta%20la%20competitividad.>
- Escobar, J. (2026, marzo). Los bancos en Colombia empezarían a cobrar más por los intereses de los créditos que otorgan a partir de marzo. *Infobae*. <https://www.infobae.com/colombia/2026/03/18/los-bancos-en-colombia-empezarian-a-cobrar-mas-por-los-intereses-de-los-creditos-que-otorgan-a-partir-de-marzo/>
- FAO (2021). *Sistemas alimentarios y agroindustriales sostenibles*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. <https://www.fao.org/sustainability/es#:~:text=La%20FAO%20promueve%20una%20alimentaci%C3%B3n,alimentaci%C3%B3n%20y%20una%20agricultura%20sostenibles.>
- Fedearroz. (2023a). *Informe de gestión Fondo Nacional del Arroz 2023*. Federación Nacional de Arroceros. <https://fedearroz.com.co/es/fondo-nacional-del-arroz/ley-de-transparencia/informes-de-gestion/>

Fedearroz. (2023b). *Precios del sector arrocero*. Federación Nacional de Arroceros.

<https://www.fedearroz.com.co/es/fondo-nacional-del-arroz/investigaciones-economicas/estadisticas-arroceras/precios-del-sector-arrocero/>

Fedearroz. (2025). Urgencia y acción en tiempos de crisis: desafíos y decisiones del sector arrocero. Federación Nacional de Arroceros.

<https://www.fedearroz.com.co/es/publicaciones/editoriales/2025/08/05/urgencia-y-acci%C3%B3n-en-tiempos-de-crisis-desaf%C3%ADos-y-decisiones-del-sector-arrocero/#:~:text=Fedearroz%20ha%20reiterado%20al%20Ministerio%20de%20Agricultura,activar%20el%20mecanismo%20de%20incentivo%20al%20almacenamiento%2C>

Fedearroz (2026). Importaciones. [Fedearroz]. <https://fedearroz.com.co/es/fondo-nacional-del-arroz/investigaciones-economicas/estadisticas-arroceras/importaciones-unpublish/>

Fernando, Y., Ovenden, B., Sreenivasulu, N., & Butardo, V., Jr. (2025). Climate Adaptation Strategies for Maintaining Rice Grain Quality in Temperate Regions. *Biology*, 14 (7), 801.

<https://doi.org/10.3390/biology14070801>

García, J. (2026, enero). Fedearroz pide garantías al Gobierno y propone retirar 250.000 toneladas de arroz para salvar cosecha nacional de 2026. *El Colombiano*.

<https://www.elcolombiano.com/negocios/fedearroz-pie-garantias-gobierno-cosecha-arroz-OC32655586>

García, J. E. O., Andrade, C. E. M., & Piguave, W. G. V. (2021). TIC y su contribución para el desarrollo sostenible en la agroindustria alimentaria. *Reciamuc*, 5(4), 22-36.

<https://doi.org/10.47464/reciamuc/5>.

Gitman, L. J., & Zutter, C. J. (2015). *Principios de administración financiera*. Pearson Educación.

Gómez, L., & Rodríguez, C. (2022). *Eficiencia logística en molinos arroceros del Tolima*. Universidad del Valle.

Heizer, J., & Render, B. (2020). *Gestión de operaciones*. Pearson Educación.

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education.

Krugman, P. R., & Obstfeld, M. (2018). *Economía internacional: Teoría y política*. Pearson Educación.

La República. (2025, julio). Las tres empresas comercializadoras de arroz más grandes superan \$4 billones al año. *La República*. <https://www.larepublica.co/empresas/las-tres-empresas-comercializadoras-de-arroz-mas-grandes-superan-4billones-al-ano-4178798#:~:text=El%20sector%20del%20arroz%20en,68%25%20de%20participaci%C3%B3n%20de%20mercado>.

Marzantowicz, Ł. (2020). The Impact of Uncertainty Factors on the Decision-Making Process of Logistics Management. *Processes*, 8(5), 512. <https://doi.org/10.3390/pr8050512>

Mercado de arroz en Colombia (s.f.) *Informe y análisis 2025–2034*. Informes de Expertos. <https://www.informesdeexpertos.com>

Ministerio de Agricultura (2026). Minagricultura revela cumplimiento de acuerdos con el sector arrocero. MinAgricultura. <https://www.presidencia.gov.co/prensa/Paginas/Minagricultura-revela-cumplimiento-de-acuerdos-con-el-sector-arrocero-260309.aspx>

Moreta, L. E., Morales, L. V., & Córdova, A. C. C. Dinámica del Mercado y Desempeño en los Sectores del Arroz y el Azúcar. En Morales, L. V., Franco, C.D., Córdova, A.C. (Ed).

- Estudios de la seguridad alimentaria en el Ecuador*. (pp 21-41). Religación Press.
<http://doi.org/10.46652/religacionpress.213.c397>
- Muñoz Zulueta, J. A. (2019). *Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz de la empresa Molino Chiclayo S.A.C. para incrementar su productividad* [Trabajo de grado, Ingeniería Industrial]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Noguera, A. D. P., Benavides, A. L. M., Mojica, M. D. N., & Ríos, C. A. C. (2023). Avances en tecnología agrícola: impacto en el cultivo de arroz en Aguazul, Casanare. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 19 (2), 157-171. DOI: <https://doi.org/10.18359/rfcb.7394>
- North, D. C. (1993). *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*. Fondo de Cultura Económica.
- Observatorio de Tierras. (s. f.). *La producción de arroz en Colombia: Crisis cíclicas y comportamientos oligopólicos*. <https://www.observatoriodetierras.org/la-produccion-de-arroz-en-colombia-crisis-ciclicas-y-comportamientos-oligopolicos-como-fortalecer-la-seguridad-alimentaria-nacional/>
- Pinzón, M. (2025, septiembre). En el mes de la arepa, ocho de cada diez colombianos consumen este producto. Artículo de prensa La República. <https://www.larepublica.co/empresas/en-la-celebracion-del-mes-de-la-arepa-ocho-de-cada-diez-colombianos-consumen-el-producto-4229019>
- Prabowo, A., y Pudjianto, M. (2023). *Costos logísticos del arroz y la soja: problemas, desafíos y el impacto de las regulaciones* (n.º58). Documento de política. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/298496/1/1848848943.pdf>
- Presidencia de la República de Colombia (2025). Con precio mínimo de compra del arroz paddy verde, Gobierno busca proteger a pequeños productores. Presidencia.

<https://www.presidencia.gov.co/prensa/Paginas/Con-precio-minimo-de-compra-del-arroz-paddy-verde-Gobierno-busca-proteger-a-pequenos-productores-250713.aspx#:~:text=El%20monto%20que%20se%20paga%20al%20productor,l%C3%ADnea%20en%20el%20primer%20semestre%20de%202025.>

Project Management Institute, Inc (2017) *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. 6a Ed. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Editor.

Putra, A. W., Supriatna, J., Koestoer, R. H., & Soesilo, T. E. B. (2021). Differences in Local Rice Price Volatility, Climate, and Macroeconomic Determinants in the Indonesian Market. *Sustainability*, 13(8), 4465. <https://doi.org/10.3390/su13084465>

Ramírez, J. (2021). *Impacto de la variación de precios del arroz en la rentabilidad de los pequeños productores de los Llanos Orientales* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].

Riascos, S., Arias, N., Bello, F., & Yela, J. D. (2024). Balance del sector de la papa en Colombia: retos y desafíos para 2025. *Revista Fedepapa*, (61), 1-7. <https://repositorio.fedepapa.com/items/8debd9e6-8507-4680-8ceb-d54faa7d1073/full>

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>

Sengupta, S., Jonsson, P., Dreyer, H., Kaipia, R., & Choi, T.Y. (2025). Regulación de la incertidumbre y planificación adaptable de la cadena de suministro. *International Journal of Operations & Production Management*, 45(11), 1861-1883. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-07-2025-0645>

Teoría de los precios (s.f.). *Cómo aprender y aplicar los principios y conceptos económicos de la fijación de precios*. FasterCapital. <https://fastercapital.com/es/tema/introducci%C3%B3n-a-la-teor%C3%ADa-de-precios.html>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2012). *Tratado de Libre Comercio entre la República de Colombia y los Estados Unidos de América*. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

Universidad Nacional de Colombia. (2020). *Análisis situacional de la cadena productiva del arroz*. Universidad Nacional de Colombia.

Universidad Nacional de Colombia. (s. f.). *La competitividad de la cadena del arroz en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

Apéndices

Apéndice A. *Rejilla de revisión bibliográfica*

Autor y fecha	Práctica agroindustrial	País	Objetivo	Variables	Metodología
Viteri y Zambrano (2024)	Articulación entre estructura de comercialización y políticas sectoriales para mejorar la transmisión de precios, la estabilidad del productor y la eficiencia de la cadena arrocerá.	Ecuador	Analizar la evolución de precios de arroz en cáscara (paddy) y pilado en los eslabones productor-consumidor y su correlación durante el periodo 2000-2013.	Político, Económico, Legal	Cuantitativo, no experimental, longitudinal y de carácter descriptivo-correlacional con modelación econométrica de series de tiempo.
Muñoz (2019)	Optimización de procesos operativos en secado y pilado para reducir pérdidas y elevar la competitividad de los molinos.	Perú	Analizar el proceso de pilado de arroz en la empresa Molino Chiclayo S.A.C, para aumentar su productividad	Tecnológico, Económico, Productivo	Metodología de tipo aplicada y descriptiva, con un enfoque cuantitativo
Putra et al. (2021)	Uso de modelación e integración de datos para comprender la volatilidad de precios y apoyar decisiones sectoriales y políticas públicas.	Indonesia	El objetivo principal de este estudio fue introducir cómo determinar el nivel de volatilidad de los precios de los principales productos alimenticios con un enfoque de condición climática y macroeconómica que afecta el precio del arroz, y gestionar las perturbaciones que pueden causar problemas al bienestar de la sociedad en Indonesia.	Tecnológico, Económico, Político	Cuantitativa, se recolectaron datos de 33 provincias de Indonesia entre 2009 y 2018, aplicando pruebas estacionales (ADF) y modelos ARIMA para luego medir la volatilidad del precio del arroz mediante modelos ARCH/GARCH (incluyendo EGARCH, TGARCH y PGARCH), seleccionando el mejor modelo con criterios AIC y máxima verosimilitud.

Chung et al. (2025)	Flexibilidad del servicio logístico y apertura de canales ágiles de comunicación para responder a incertidumbre y reducir sobrecostos operativos.	Corea del sur	Este estudio investiga cómo las incertidumbres internas y externas influyen de manera diferente en la flexibilidad del servicio logístico (LSF) y la utilización de los sistemas de información logística (LIS) en el comercio electrónico transfronterizo (CBEC)	Tecnológico, Económico, Social	Cuantitativa, Se aplicaron encuestas a 214 profesionales de CBEC entre febrero y abril de 2022. Los datos se analizaron con modelos de ecuaciones estructurales (SEM) mediante SPSS 25 y AMOS 27, análisis factorial exploratorio y confirmatorio, pruebas de fiabilidad y validez, y bootstrapping para evaluar los efectos de mediación.
Chung et al. (2026)	Adopción del estándar SRP para producción sostenible de arroz, orientado a sostenibilidad y mejores prácticas productivas.	Vietnam (Delta del Mekong)	Proporcionar evidencia empírica sobre los beneficios de la adopción del SRP (Plataforma de Arroz Sostenible) y explora los factores que afectan la adopción del SRP.	Ecológico, Tecnológico, Legal, Social	Métodos mixtos (encuestas estructuradas y grupos focales) con 243 agricultores de arroz en dos distritos de la provincia de Dong Thap (Delta del Mekong, Vietnam).
Prabowo y Pudjianto (2023)	Revisión de costos logísticos del arroz y efecto de regulaciones para rediseñar operaciones más eficientes y competitivas.	Indonesia	Analizar los desafíos de la logística del arroz y la soja en Indonesia.	Económico, Legal, Tecnológico	Se identificaron y analizaron 24 regulaciones pertenecientes a nueve procesos logísticos mediante revisión documental y entrevistas con actores clave. Se complementó con encuestas oficiales y grupos focales para evaluar el impacto de las regulaciones en los costos

					monetarios y temporales
Boşcoianu, Toth y Goga (2025)	Aplicación de cross-docking para disminuir costos logísticos y mejorar eficiencia en cadenas agroindustriales.	Mercados emergentes europeos	Realizar un análisis comparativo integral que integra la eficiencia económica con indicadores de sostenibilidad en ubicaciones estratégicas (de mercados emergentes de Europa Central y Oriental).	Tecnológico, Económico	Métodos mixtos cuantitativo de 40 fuentes bibliográficas y modelos de operaciones de cross-docking en Bratislava, Praga y Budapest, con validación estadística mediante pruebas t pareadas y regresión múltiple.
Fernando et al. (2025)	Estrategias de adaptación climática para mantener la calidad del grano de arroz frente a variabilidad ambiental.	Australia	Sintetizar el conocimiento actual sobre los cambios en la calidad inducidos por el clima, con un enfoque en la industria arrocera australiana como caso de estudio en comparación con otras regiones templadas	Ecológico, Tecnológico, Económico	Revisión estructurada de la literatura abarcando estudios publicados entre 1996 y 2025 sobre impactos climáticos en la calidad del arroz de regiones templadas.
Bas (2025)	Aprendizaje de crisis globales para fortalecer resiliencia agroalimentaria y agroindustrial mediante relocalización y adaptación estratégica.	Enfoque global	Adoptar un enfoque integral para la gestión de riesgos de la cadena de suministro con el fin de mitigar el impacto de los riesgos de la cadena de suministro y mejorar el desempeño de la cadena de suministro entre los empresarios de PYME en las naciones de la ASEAN que se dedican a la	Político, Económico, Social	Enfoque cuantitativo deductivo con diseño de encuesta transversal, aplicando un cuestionario Likert a 385 empresarios de PYME del sector de productos de consumo en 10 países de la ASEAN

			producción de productos de consumo.		
Nath et al. (2025)	Implementación de una Política Nacional de Mecanización Agrícola con subsidios de hasta el 70% para maquinaria, fomento de modelos de alquiler para pequeños agricultores y adopción de tecnologías de agricultura inteligente (IoT, energía solar) para enfrentar la escasez de mano de obra, aumentar la productividad y garantizar la seguridad alimentaria frente al cambio climático.	Bangladesh	Explorar los diversos aspectos de las políticas agrícolas mecanizadas y sus efectos en los diferentes grupos involucrados en la agricultura inteligente	Político, Económico, Tecnológico, Social, Ecológico, Legal	Revisión documental y análisis de datos secundarios de fuentes oficiales (DAE, BRRI, BBS, ministerios) para evaluar la evolución histórica, el estado actual y las políticas de mecanización agrícola en Bangladesh.