



Modelo de gestión de riesgos de la volatilidad del precio internacional del maíz a través de derivados financieros para la empresa Avícola del Darién S. A.

Risk management model for international corn price volatility through financial derivatives for the company Avícola del Darién S.A.

Por
Simón Díez López¹
Luis Alberto Sánchez Sierra²

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de
Magíster en Administración Financiera – MAF

Asesor
César Augusto Orozco Echeverry

Universidad EAFIT
Escuela de Finanzas, Economía y Gobierno
Maestría en Administración Financiera – MAF
Medellín 2025

¹ sdiezlo2@eafit.edu.co

² lasanchez@eafit.edu.co

© 2025 Simón Díez & Luis Sánchez
Todos los Derechos Reservados

Resumen

El maíz amarillo, esencial en la dieta colombiana, es utilizado en la elaboración de productos concentrados para la alimentación animal, especialmente en la industria avícola y porcícola, y, en menor proporción, en productos para el consumo humano. Esta realidad le crea al país una dependencia significativa de las importaciones de maíz, que alcanzan aproximadamente el 86% de la demanda total nacional, y lo exponen a una marcada vulnerabilidad ante la volatilidad de los precios internacionales, que, entre 2019 y 2023, tuvieron un incremento del 31%. Adicionalmente, tal entorno esboza riesgos considerables para los modelos de negocio del sector agropecuario, que suscita la idea de llevar a cabo estudios que planteen medidas para gestionarlos y mitigarlos.

Esta investigación analiza y propone estrategias de gestión de riesgos que ayuden a mitigar los efectos de la volatilidad del precio internacional del maíz sobre el sector avícola colombiano, a partir de la pregunta orientadora *¿qué estrategias de gestión de riesgos frente a la volatilidad del precio internacional del maíz son más aplicables y eficientes para una empresa del sector avícola en Colombia?* Su objetivo es identificar las herramientas y estrategias aplicables a empresas del sector avícola para evaluar su impacto financiero y facilitar la toma de decisiones, contribuyendo a su sostenibilidad en el contexto actual de los precios internacionales del maíz.

Palabras claves: agricultura, mercado de los *commodities*, modelo financiero, cobertura financiera, derivados financieros.

Abstract

Yellow corn, a staple in the Colombian diet, is used in the production of concentrated animal feed, especially in the poultry and swine industries, and, to a lesser extent, in products for human consumption. This reality creates a significant dependence on corn imports, which account for approximately 86% of total national demand, and exposes the country to marked vulnerability to the volatility of international prices, which increased by 31% between 2019 and 2023. Furthermore, such environment presents considerable risks to the business models of the agricultural sector, prompting the need for studies that propose measures to manage and mitigate these risks.

This research analyzes and proposes risk management strategies to help mitigate the effects of international corn price volatility on the Colombian poultry sector, based on the guiding question: *What risk management strategies are most applicable and efficient for a poultry company in Colombia in the face of international corn price volatility?* Its objective is to identify tools and strategies applicable to poultry companies to assess their financial impact and facilitate decision-making, contributing to their sustainability in the current context of international corn prices.

Keywords: Agriculture, commodities market, financial model, financial hedging, financial derivatives.

Contenido

1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema.....	2
2.1 Pregunta de investigación	2
3.1 Objetivo general	3
3.2 Objetivos específicos	3
4. Marco conceptual.....	4
4. Metodología	12
5. Análisis de la volatilidad del precio internacional de maíz.....	14
5.1 Análisis fundamental del maíz	14
5.2 Análisis técnico	15
6. Condiciones operativas, financieras y cambiarias de Avícola del Darién S. A. que determinan su nivel de exposición al precio internacional del maíz	21
7. Estrategia de cobertura mediante instrumentos financieros.....	24
7.1 Tipos de derivados.....	25
7.1.1 Contratos de futuros del maíz (CME Group)	25
7.1.2 Contratos <i>forward</i> sobre el maíz (<i>over-the-counter</i> , OTC)	26
7.1.3 Opciones financieras sobre el maíz	26
7.1.4 <i>Swaps</i> de <i>commodities</i> (<i>commodity swaps</i> sobre el maíz).....	27
8. Modelo de cobertura	29
8.1 Bloque 1. Análisis de la volatilidad del precio internacional del maíz y de la TRM.....	30
8.2 Bloque 2. Porcentaje de cobertura	31
8.3 Bloque 3. Operatividad del <i>roleo</i> mensual de futuros.....	32
8.4 Bloque 4. <i>Profit & Loss</i> y efecto sobre el costo del maíz	32
8.5 Bloque 5. Resultados del modelo a partir de un <i>backtesting</i>	33
8.6 Bloque 6. Proyecciones 2026	36
9. Conclusiones y recomendaciones	38
9.1 Conclusiones	38
9.2 Recomendaciones.....	39
Referencias.....	40
Apéndice	42
Cronograma de actividades 2025	42

Índice de tablas

Tabla 1. Avícola del Darién, S. A. Resumen de los costos asociados a la dieta alimentaria de las gallinas ponedoras	11
Tabla 2. Volatilidades del precio internacional del maíz.....	16
Tabla 3. Volatilidad EWMA.....	17
Tabla 4. Resumen de las volatilidades del precio internacional del maíz según las diferentes metodologías y modelos aplicados	19
Tabla 5. Factores de riesgo de los derivados analizados.....	27
Tabla 6. Esquema de <i>roleo</i> mensual de futuros de maíz (mayo-agosto de 2025).....	34
.....	34
Tabla 7. Resumen los resultados del período 2015–2025 para los cinco esquemas de cobertura analizados	34

Índice de figuras

Figura 1. Resumen de las propuestas de gestión para la volatilidad de los precios del maíz.....	5
Figura 2. Precio internacional del maíz (2015-2025)	6
Figura 3. Volatilidad de los precios de los <i>commodities</i> según los criterios expuestos por los autores mencionados.....	8
Figura 4. Principales herramientas para la gestión de riesgos	9
Figura 5. Avícola del Darién S. A. Composición del alimento balanceado de las gallinas ponedoras	10
Figura 6. Colombia. Importaciones de maíz desde Estados Unidos (2024).....	15
Figura 7. Cambio diario del precio internacional del maíz (mayo 2015-agosto 2025)	15
Figura 8. Volatilidad anualizada del maíz: EWMA (mayo 2015-mayo 2025).....	17
Figura 9. Modelo GARCH. Volatilidad condicional diaria (2015-2025)	18
Figura 10. Costo mensual sin cobertura frente a cobertura dual (Maíz 80% + TRM)	35
Figura 11. Comparación de escenarios de cobertura (histórico).....	35
Figura 12. Distribución de las frecuencias de costos sin cobertura y con cobertura dual bajo los precios proyectados del maíz y de la TRM	37

1. Introducción

El maíz amarillo desempeña un papel esencial en la economía agropecuaria colombiana y, particularmente, en la industria avícola, que consume aproximadamente el 84% del maíz importado y constituye la mayor parte del costo de alimentación de este sector. Esta dependencia le crea vulnerabilidades frente a la volatilidad de los precios internacionales y la tasa de cambio. Por ejemplo, en el período 2019-2023, su costo aumentó el 31%, un incremento que afectó significativamente la rentabilidad del sector avicultor. Adicionalmente, la falta de oferta nacional se explica en parte por la brecha en términos de costos de producción por cada tonelada producida de maíz, donde «En 2023, estos costos se elevaron a 244 y 264 dólares para Brasil y Estados Unidos, respectivamente, y a 524 dólares para Colombia» (p. 15). Lo anterior configura una situación de debilidad de los productores de maíz a nivel nacional, que lleva a la demanda a suplir sus necesidades a través de importaciones.

Según la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya –Fenalce– en 2013, Colombia importó 3,6 millones de toneladas de maíz por un valor superior a USD 1.000 millones, un hecho que evidencia el fuerte impacto que existe cuando este *commodity* se negocia en los mercados internacionales y depende de tasas de cambio fluctuantes (p. 25). Como un punto más reciente de referencia, en el año 2024, Colombia importó 6,44 millones de toneladas de maíz amarillo que representaron un costo de USD 1.527 millones, lo que refleja el aumento en las necesidades de esta materia prima dentro del maíz y, por ende, una mayor exposición a la volatilidad del precio internacional de este *commodity*.

Desde el ámbito de la demanda es importante traer a colación el impacto del costo del maíz en los márgenes de rentabilidad que enfrentan los productores de la industria avícola, dadas sus dinámicas y estructuras financieras. Según Arbeláez y Ramírez (2024), «los costos de producción, específicamente el 68%, corresponden a la alimentación, seguida por el sacrificio del ave, con un 14%. y el valor del pollito de un día, con un 12%» (p. 39). De ahí que cualquier incremento en el costo de insumos como el maíz amarillo repercute directamente en el proceso productivo y, en consecuencia, en el precio final del pollo o el huevo, produciendo un impacto negativo para el productor.

Por tanto, ante la significativa volatilidad en el precio de este insumo en los últimos años, resulta clave construir y establecer una estrategia de cobertura frente a la variación de su precio a través de instrumentos financieros derivados.

2. Planteamiento del problema

La alta dependencia de Colombia de la importación de maíz origina riesgos financieros sustanciales para el sector avícola, debido a la inestabilidad en sus precios y a las variaciones en las tasas de cambio. Aunque esta situación hace evidentemente necesaria la implementación de estrategias de cobertura que ayuden a reducir los riesgos y a controlar los costos de producción, la ausencia de estudios detallados sobre cómo ellas afectarían financieramente al sector dificulta a las empresas la toma de decisiones informadas.

Según la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya –Fenalce– (2021), «Colombia produce 1,6 millones de toneladas de maíz (21%), por lo cual hay un mercado ya creado con una demanda insatisfecha del 79% que se suple con maíz importado, que bien podría ser producido en el país» (p. 2). Estas cifras dan cuenta de la exposición del sector agropecuario colombiano a las volatilidades del precio de este commodity y a la tasa de cambio, además de la dependencia de su lugar de origen.

Es fundamental entender el papel que juega este *commodity* en sectores agropecuarios y agrícolas como las industrias avícola y porcícola, donde los alimentos balanceados que se les suministran a las gallinas y a los cerdos contienen entre un 70% y un 80% de este insumo.

De ahí entonces la importancia de reconocer esta situación como un riesgo significativo dentro de los modelos de negocio del sector agropecuario colombiano, mediante estudios que propongan medidas que ayuden a gestionar y mitigar este riesgo y generen, en la medida de lo posible, impactos positivos en los resultados financieros de las empresas, reduciendo la incertidumbre para una mejor toma de decisiones gerenciales.

2.1 Pregunta de investigación

¿Qué estrategias de gestión de riesgos frente a la volatilidad del precio internacional del maíz son más aplicables y eficientes para una empresa del sector avícola colombiano?

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Estructurar un modelo de gestión de riesgos basado en el uso de derivados financieros, orientado a reducir la exposición a la volatilidad del precio internacional del maíz, con el propósito de proteger la rentabilidad y la estabilidad financiera de la empresa Avícola del Darién S. A. —en adelante la Compañía.

3.2 Objetivos específicos

- Analizar la volatilidad experimentada por el precio del maíz en los últimos diez años mediante la aplicación de un modelo econométrico, a fin de estimar escenarios de riesgo.
- Identificar las condiciones operativas, financieras y cambiarias que determinan el nivel de exposición de la Compañía al riesgo asociado con el precio internacional del maíz y la tasa de cambio, como base para el diseño de estrategias de cobertura.
- Evaluar los instrumentos financieros derivados disponibles en el mercado, adaptados a las condiciones de la Compañía, para gestionar la exposición a la volatilidad del precio internacional del maíz.
- Diseñar estrategias de cobertura mediante instrumentos financieros derivados que permitan gestionar la volatilidad del precio internacional del maíz, minimizando su impacto adverso y contribuyendo a la protección de la rentabilidad y la estabilidad financiera de la Compañía.

4. Marco conceptual

La gestión de riesgos ha estado presente desde los primeros intercambios comerciales, cuando agricultores y comerciantes buscaban mecanismos para reducir la incertidumbre frente a factores como el clima, las rutas de transporte o los precios de los bienes básicos. Con el avance de los mercados financieros y el aumento de la interdependencia económica, estas prácticas evolucionaron hacia instrumentos más sofisticados de cobertura que se consolidaron como herramientas esenciales para anticiparse a la volatilidad de los precios y garantizar la estabilidad de las operaciones.

Dichas necesidades llevaron al desarrollo y uso cada vez más frecuente de herramientas de cobertura como los *forwards*, los *swaps* y las opciones para estabilizar el flujo de caja, proteger los márgenes y mejorar la planeación financiera en contextos volátiles. En particular, uno de los ámbitos donde estas dinámicas se hicieron más evidentes fue en el riesgo cambiario. Según Reinhart y Rogoff (2004), entre 1944 y 1971, el sistema Bretton Woods mantuvo un patrón de tipo de cambio fijo respaldado por el oro y, posteriormente, su colapso derivó en el tránsito hacia regímenes de tipo de cambio flotante, lo que incrementó el riesgo de exposición cambiaria para los países abiertos al comercio. Tal situación impulsó el desarrollo de coberturas financieras como los *forwards* y los *swaps* y, a partir de ese momento, las empresas internacionales comenzaron a enfrentar mayores riesgos por las fluctuaciones en las tasas de cambio (p. 5).

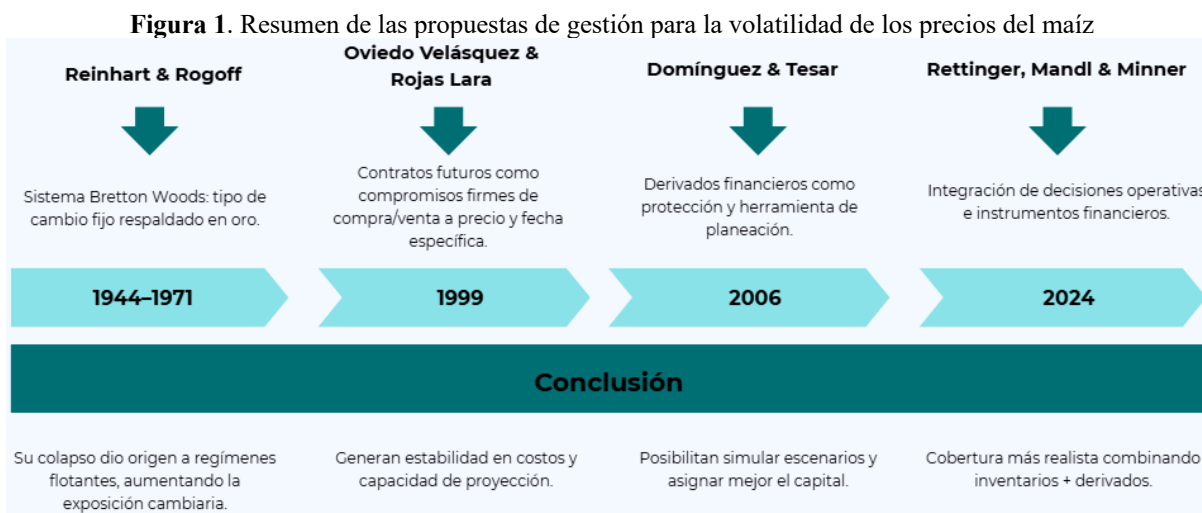
Así entonces, los derivados financieros se presentan como una oportunidad de cubrirse frente a los precios del mercado, las tasas de interés, los tipos de cambio o incluso las conjeturas que pueden presentarse por las variaciones en los inventarios. Según Oviedo y Rojas Lara (1999), «los contratos de futuros son compromisos firmes de hacer o aceptar entrega de productos (monedas extranjeras o instrumentos financieros) de una calidad y cantidad específica, a un precio específico acordado en el momento del compromiso» (p. 3).

Domínguez y Tesar (2006) sostuvieron que los derivados financieros no solo actúan como protección ante la volatilidad de los precios, sino también como herramientas de planeación corporativa, al permitir evaluar diferentes escenarios y asignar el capital de una mejor manera ante riesgos cambiarios persistentes. Esta capacidad de anticiparse a eventos desfavorables mediante la simulación de escenarios con derivados fortalece la toma de decisiones estratégicas de inversión y cobertura, alineando la gestión de riesgos con los objetivos financieros de largo plazo de las empresas. Además, refuerza la importancia de no ver los derivados únicamente como herramientas defensivas, sino como componentes estratégicos que pueden respaldar las decisiones de inversión y expansión (p. 195).

Rettinger *et al.* (2024) propusieron un modelo que integra decisiones operativas como el manejo de los inventarios con el uso de instrumentos financieros para reducir simultáneamente la exposición al precio y el tipo de cambio (p. 343). Este enfoque resulta particularmente útil para casos como el de la Compañía, donde el riesgo no solo proviene del valor del maíz en el mercado internacional, sino también de la volatilidad de la tasa de cambio COP/USD. De este modo,

analizando el flujo de costos de los insumos importados, se pueden integrar ambas variables en un mismo modelo que permita una cobertura más eficiente y realista.

La Figura 1 muestra un resumen de las propuestas de gestión para la volatilidad de los precios del maíz expuestas por los autores mencionados.



Fuente: elaboración de los autores a partir de Reinhart & Rogoff (2022); Oviedo Velásquez & Rojas Lara (1999); Domínguez & Tesar (2006); Rettinger *et al.* (2024).

En décadas recientes, este proceso se ha extendido hacia los mercados de los commodities, donde los contratos de futuros y las opciones han ganado protagonismo a nivel global, facilitando la gestión de riesgos de los precios, un proceso que ha sido especialmente relevante para sectores sensibles como el de la avicultura. Según Adjemian *et al.* (2013), los mercados de futuros agrícolas, como el del maíz, facilitan la formación de precios y la gestión del riesgo al permitir que los agentes aseguren hoy valores futuros y reduzcan la incertidumbre de sus costos (p. 4).

Según Bonato *et al.* (2024), «se considera que el estrés financiero captura las perturbaciones en el funcionamiento normal de los mercados financieros. [...] Un aspecto clave del estrés financiero implica una mayor incertidumbre sobre el valor fundamental de los activos» (p. 1). Por ello, las herramientas financieras asumen una significativa relevancia para mitigar los riesgos asociados a las volatilidades de los precios de los commodities.

En el caso específico del maíz, su importancia como insumo clave en la cadena agroalimentaria global, especialmente en sectores como el avicultor, lo posiciona como uno de los principales activos agrícolas negociados. Por lo tanto, el mercado de los commodities agrícolas, particularmente el del maíz amarillo, ha sido objeto de múltiples estudios, debido a su alta volatilidad y a su impacto en las industrias alimentaria y agropecuaria. Dhaene *et al.* (2022) evidenciaron que los precios internacionales del maíz están sujetos a efectos de transmisión de la volatilidad desde otros mercados, un hecho que refuerza la necesidad de estrategias de cobertura con derivados financieros.

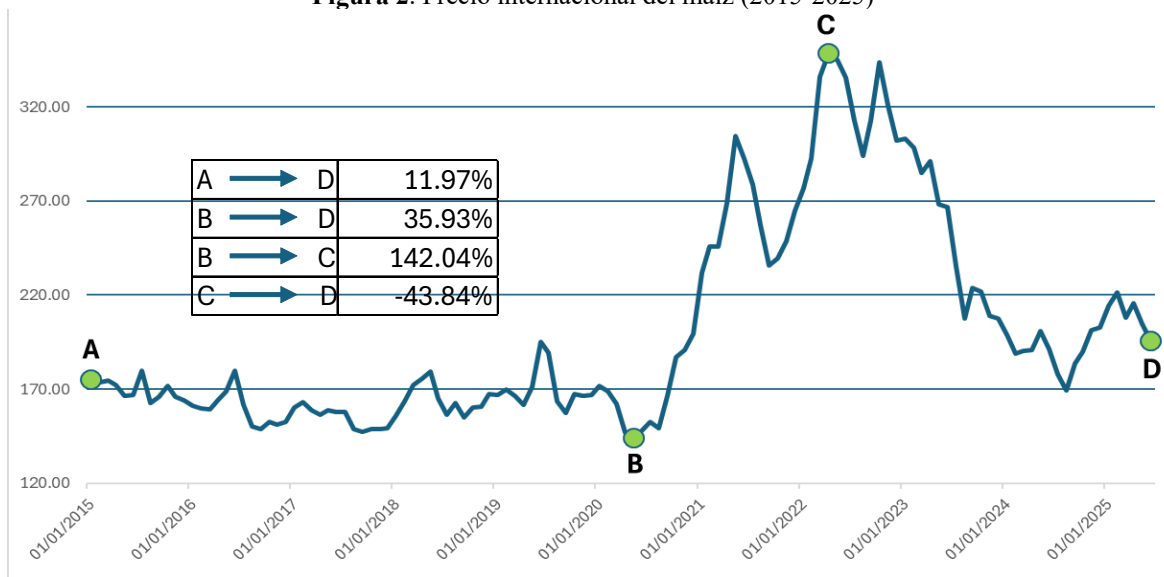
Cabe precisar algunas particularidades sobre la negociación del maíz. Su precio internacional se determina principalmente en la Bolsa de Chicago, que es el mercado de referencia global para

este commodity. Allí, el grano se negocia a través de contratos de futuros estandarizados de 5.000 *bushels*, una unidad de medida equivalente aproximadamente a 25,4 kg (CME Group, 2008). Esta medida es relevante porque permite homologar las transacciones a nivel global y establecer precios de referencia que influyen directamente en las importaciones de países como Colombia.

En términos históricos, el precio del maíz en los últimos diez años ha revelado una alta volatilidad, moviéndose entre niveles de USD 3 y 8 por *bushel*, con picos asociados a choques climáticos, tensiones geopolíticas y disrupciones logísticas (CME Group, s. f.-a; s. f.-b). A efectos de un análisis financiero y de gestión de riesgos, estas cotizaciones también suelen expresarse en toneladas métricas (equivalentes a 1.000 kg), lo que facilita la comparación con cifras del comercio internacional y con los reportes oficiales de las importaciones. Esta dinámica confirma que la exposición de la industria avícola colombiana no solo depende del costo de importación, sino también de la evolución del mercado de contratos de futuros en Chicago, donde se fijan los precios de referencia para el maíz amarillo que ingresa al país.

Entre 2015 y 2025, el precio internacional del maíz atravesó una de las etapas más dinámicas y volátiles, materializado por factores climáticos, sanitarios, energéticos y geopolíticos que transformaron la estructura de costos y el comportamiento del mercado mundial de los granos [Figura 2].

Figura 2. Precio internacional del maíz (2015-2025)



Nota. Precios expresados en USD/ton.

Fuente: elaboración de los autores a partir de Federal Reserve Bank of St. Louis. (2025).

Nótese en la Figura 2 que, entre 2015 y 2016, los precios se mantuvieron en alrededor de USD 170 por tonelada, reflejando una especie de sobreoferta global. Las cosechas abundantes en Estados Unidos y Sudamérica, sumadas al bajo precio del petróleo —que redujo la demanda de maíz para la producción del etanol— generaron un ciclo de estabilidad con precios deprimidos. En ese contexto, el fortalecimiento del dólar estadounidense frente a las monedas emergentes reforzó

la tendencia bajista, consolidando un piso prolongado que se extendió hasta finales de 2019 (puntos A y B).

Con la llegada de la pandemia en 2020, el mercado experimentó un giro abrupto. Las restricciones a la movilidad y la caída en el consumo de combustibles desplomaron la demanda de etanol, uno de los principales destinos del maíz estadounidense, lo que produjo un exceso de oferta y una reducción temporal de los precios hasta niveles cercanos a USD 145 por tonelada (punto B). Este descenso coincidió con interrupciones logísticas globales y un comercio internacional fragmentado, que acentuaron la incertidumbre. Sin embargo, en economías importadoras como la colombiana, el efecto fue parcialmente «compensado» por la fuerte depreciación del peso, que encareció la tonelada de maíz en moneda local y mantuvo los costos relativamente altos.

La recuperación económica posterior a la pandemia produjo una rápida reversión de esa tendencia. Entre 2020 y 2022, el precio del maíz se disparó un 142%, alcanzando máximos históricos por encima de USD 310 por tonelada. Este aumento respondió a una combinación de choques simultáneos, sequías severas en Brasil y Argentina ocasionadas por el fenómeno de El Niño, repunte de la demanda mundial de alimentos y biocombustibles, encarecimiento de los fertilizantes derivado de la crisis energética y, sobre todo, la invasión de Rusia a Ucrania en 2022, que interrumpió las exportaciones agrícolas desde el Mar Negro. Estos factores provocaron una escasez temporal de la oferta y una volatilidad sin precedentes en los mercados de futuros, obligando a muchos países dependientes de las importaciones como Colombia a replantear sus estrategias de abastecimiento y sus coberturas de riesgo (puntos B y C).

Tras el pico de 2022, el mercado inició un proceso de ajuste. Mejores cosechas en Estados Unidos y Brasil, junto con la reapertura parcial de los corredores de exportación en Ucrania, permitieron una recomposición de la oferta y una reducción progresiva de los precios. Entre 2022 y 2025, el precio del maíz descendió cerca de un 44%, estabilizándose en un rango de USD 200-220 por tonelada (puntos C y D). No obstante, este nivel se mantuvo alrededor de un 12% superior al de 2015, explicado probablemente por la existencia de un nuevo equilibrio estructural influido por costos logísticos y energéticos más altos. Para el caso colombiano, este comportamiento implicó que la volatilidad del precio del maíz ya no podía considerarse un fenómeno coyuntural sino un riesgo permanente que exigía políticas de cobertura continua, diversificación de los proveedores y manejo estratégico de inventarios.

A partir de lo anterior, Bonato *et al.* (2024) exploraron la relación entre la volatilidad de los mercados de los commodities agrícolas y los riesgos que enfrentan las empresas que dependen de su importación, y concluyeron que el estrés financiero global podía amplificar la volatilidad en productos como el maíz, especialmente en contextos de alta incertidumbre económica, que obligaba a las empresas a implementar mecanismos de análisis y seguimiento más precisos (p. 2). Desde el punto de vista académico, esta conclusión confirma que, para el sector avícola colombiano, la vigilancia constante de la dinámica internacional no es opcional sino parte esencial de su estrategia financiera.

En este contexto, la situación en Colombia resulta aún más desafiante, pues la dependencia del grano importado representa una serie de riesgos significativos para la industria avícola, dado

que alrededor del 86% del maíz consumido en el país es importado. La alta exposición a la volatilidad de los precios de este *commodity* y a la fluctuación de la tasa de cambio ha originado la necesidad de implementar estrategias de cobertura financiera donde se puedan considerar soluciones logísticas como el almacenamiento para reducir los costos. Según Rettinger *et al.* (2024), «la incertidumbre del mercado ha provocado una volatilidad persistente de los precios de las materias primas, lo que hace imperativo abordar los riesgos asociados a ellos» (p. 1).

Es así como el análisis de mitigación de riesgos busca que las rentabilidades de las empresas no se vean fuertemente afectadas. Según Bonato *et al.* (2024), el estrés financiero generado por la incertidumbre en los mercados de los *commodities* afecta directamente la estabilidad de los flujos de caja de sectores dependientes como la avicultura (p. 1).

La Figura 3 muestra un resumen de la volatilidad de los precios de los *commodities* según los criterios expuestos por los autores mencionados.

Figura 3. Volatilidad de los precios de los *commodities* según los criterios expuestos por los autores mencionados



Fuente: elaboración de los autores a partir de Adjemian *et al.* (2013); Dhaene *et al.* (2022); Bonato *et al.* (2024); Rettinger *et al.* (2024).

En los mercados de los *commodities*, los contratos de futuros y las opciones se han convertido en herramientas claves para gestionar el riesgo de los precios. Según Hull (2018), los primeros son acuerdos estandarizados que permiten pactar hoy el valor de compra o venta de un activo en una fecha futura (p. 8). Esta característica es útil para empresas del sector agroindustrial, en tanto les facilita anticiparse a posibles fluctuaciones en los costos de insumos estratégicos como el maíz.

Por otro lado, Oviedo Velásquez y Rojas Lara (1999) señalaron que los contratos de futuros operan bajo un entorno regulado y estandarizado, lo que garantiza que las transacciones se realicen en mercados organizados respaldados por instituciones como las cámaras de compensación, y faculta a las empresas a establecer precios objetivo de los *commodities*, estabilizar los márgenes y reducir la exposición ante las fluctuaciones del mercado (p. 146).

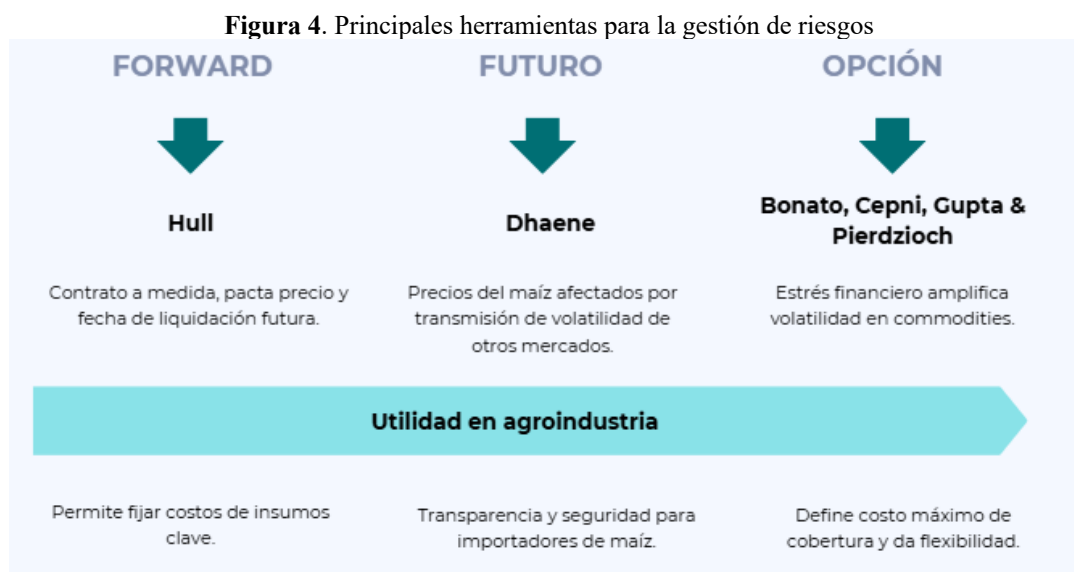
Desde esta intención, el manual técnico de CME Group (2008) señala que, al utilizar contratos de futuros sobre el maíz, las empresas pueden fijar con anticipación su precio de compra.

Se asume que con esta práctica se pueden proyectar los márgenes operativos de una mejor manera, especialmente en sectores sensibles como el avícola, donde insumos importados como el maíz tienen un peso significativo en los costos.

Con este enfoque —contratos de futuros asociados a los *commodities*— surge una oportunidad para que la Compañía disponga de un instrumento financiero alineado con sus intereses que le proporcione la estabilidad financiera y la capacidad para proyectar los ingresos, reducir los gastos y tener controles más aproximados sobre la cantidad de inventarios disponibles para la producción.

En entornos como el colombiano, donde las empresas del sector avícola dependen en gran medida de *commodities* importadas como el maíz, la opción de contratos de futuros se presenta como una alternativa flexible para cubrirse frente al riesgo de los precios, en tanto estas herramientas les permiten asegurar condiciones favorables sin quedar atadas a una obligación contractual. Según CME Group (s. f.-a), «una opción sobre un contrato de futuros es el derecho, pero no la obligación, de comprar o vender un contrato determinado de futuros a un precio específico en o antes de una fecha de vencimiento determinada» (p. 5). Una de las ventajas más valoradas de este instrumento es que permite definir de antemano el costo máximo que se asumirá por cubrir el riesgo, un asunto clave para la planeación financiera.

La Figura 4 muestra las principales herramientas usadas actualmente para la gestión de riesgos.



Fuente: elaboración de los autores a partir de Hull (2018) [*forward*]; Dhaene *et al.* (2022) [*futuro*]; Bonato *et al.* (2024) [*opción*].

Desde la perspectiva operativa, se considera que la implementación de opciones o contratos de futuros como estrategia de cobertura para el maíz importado cobra especial sentido en las empresas del sector avícola colombiano, donde el costo de alimentación representa la mayor carga. En un entorno donde tanto los precios internacionales como la tasa de cambio presentan una alta

volatilidad, contar con este tipo de herramientas les permite mantener una estructura de costos más estable, facilitándoles la planeación financiera, la formulación de presupuestos y el control de riesgos.

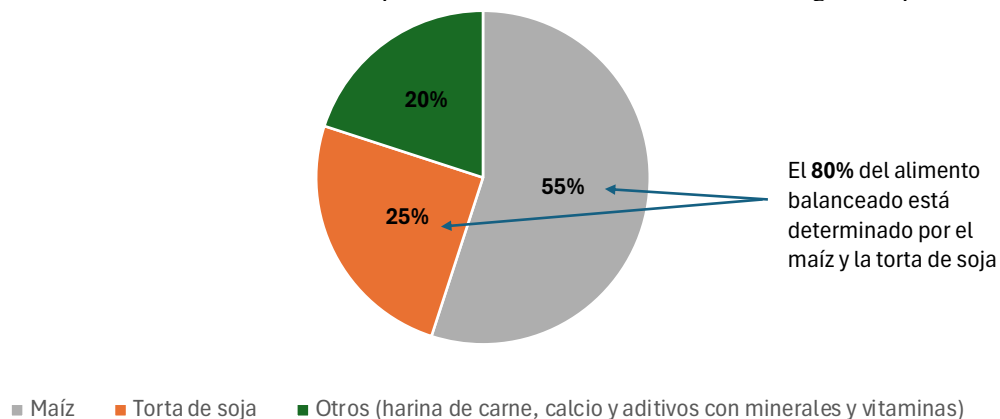
En consecuencia, esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo y proyectivo, orientado a evaluar el impacto financiero que tiene el uso de opciones o contratos de futuros como herramientas de cobertura frente a la volatilidad del precio internacional del maíz. Esta decisión metodológica se apoya en lo planteado por Hernández Sampieri *et al.* (2014), que señalaron que los estudios cuantitativos permiten explicar, medir y proyectar fenómenos financieros, al tiempo que identifican relaciones causales entre variables y posibles escenarios para la toma de decisiones (p. 10).

El caso de análisis corresponde a la empresa Avícola del Darién S. A., identificada con NIT 811 037 852, constituida en 2003, y con sede en el municipio de Apartadó, departamento de Antioquia. Su objeto social se centra en la producción y cría de aves de corral para la producción y comercialización de huevos, una actividad que la ubica dentro del código CIU A0145: «Cría de aves de corral». Actualmente, la Compañía se encuentra activa y está consolidada como un actor relevante en la industria avícola del país.

La producción de huevos depende de manera crítica del suministro de maíz amarillo, que constituye la base energética del alimento balanceado de las gallinas ponedoras. Según el gerente general de la Compañía, Juan Diego Díez Escobar, cada ave consume en promedio 110 gramos de alimento por día, lo que equivale a unos 40 kilogramos de alimento al año, de los cuales aproximadamente el 55% corresponde a maíz, lo que convierte a este insumo en el principal determinante del costo de producción. Cabe anotar que el porcentaje restante está compuesto de torta de soja, harina de carne, calcio y aditivos con vitaminas y minerales.

La Figura 5 muestra la composición del alimento balanceado de las gallinas ponedoras de la Compañía.

Figura 5. Avícola del Darién S. A. Composición del alimento balanceado de las gallinas ponedoras



Fuente: elaboración de los autores a partir de información suministrada por la Compañía (archivo personal de los autores).

Con un lote productivo en promedio de 250.000 aves de corral, la Compañía requiere anualmente de alrededor de 5.500 toneladas de este grano. Esta magnitud pone de relieve que cualquier variación en el precio internacional se traduce en un efecto inmediato sobre los costos de producción, que afectan directamente sus márgenes operativos. Adicionalmente, a partir del análisis de sus estados financieros en el período 2014-2024,³ se identificó que, en promedio, los costos de ventas representan el 82% de los ingresos. Este hecho revela una estructura altamente intensiva en los costos, donde cualquier variación en los insumos impacta directamente la rentabilidad.

Según parámetros técnicos de la industria avícola, dentro de los costos de producción, el rubro de mayor peso corresponde a la alimentación de las gallinas ponedoras, con una participación cercana al 70%; y, como fue mencionado, dentro de su dieta balanceada, el maíz amarillo constituye alrededor del 55% de la fórmula, consolidándose como el ingrediente energético más relevante.

La combinación de estas proporciones permite concluir que el maíz explica aproximadamente el 39% de los costos totales de la Compañía. Dicho de otra manera, de cada COP 100 que ella gasta en producir, COP 39 dependen directamente del precio del maíz.

La Tabla 1 muestra un resumen de los costos asociados a la dieta alimentaria de las gallinas ponedoras de la Compañía.

Tabla 1. Avícola del Darién, S. A. Resumen de los costos asociados a la dieta alimentaria de las gallinas ponedoras

Total aves	250.000
Consumo x ave día (gramos)	110
Total alimento día (toneladas)	27,5
Participación del maíz en la elaboración del alimento balanceado	55%
Total maíz día (toneladas)	15,13
Toneladas mes (30 días)	453,75
Toneladas año (12 meses)	5.445

Fuente: elaboración de los autores.

Este hallazgo, sustentado tanto en la literatura técnica como en cifras reales de la Compañía, refuerza la necesidad de analizar el maíz como un commodity estratégico y considerar instrumentos de cobertura financiera que permitan mitigar su volatilidad, garantizándole a la Compañía una mayor estabilidad en sus márgenes operativos y en la rentabilidad del negocio.

³ Información suministrada por la Compañía (archivo personal de los autores).

4. Metodología

Esta investigación aplicó un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo y proyectivo para la empresa analizada, centrada en la evaluación financiera del uso de opciones o contratos de futuros para cubrir el precio internacional del maíz. Su objetivo es minimizar la volatilidad de su precio a través de una estrategia de cobertura financiera con el uso de estos instrumentos derivados, que permiten la compraventa de *commodities* (el activo subyacente), fijar los precios (el precio futuro) a una fecha predeterminada (la fecha de liquidación) y desarrollar prácticas operacionales que optimicen su operación.

La metodología incorpora variables operativas propias de la Compañía como el consumo mensual promedio de maíz, la estructura de costos de alimentación, los niveles de producción y los márgenes operativos. Con estas variables se diseñaron simulaciones basadas en modelos como el GARCH (*generalized autoregressive conditional heteroskedasticity model*, modelo de heterocedasticidad condicional autorregresiva generalizada.), que ha demostrado su efectividad para modelar la volatilidad condicional en series de tiempo financieras, en tanto permiten una estimación más precisa del riesgo asociado a las fluctuaciones en los precios de los *commodities* agrícolas (Ospina D'Aleman & Giraldo Sánchez, 2009).

Para las empresas del sector avícola es importante considerar factores macroeconómicos y de mercado para protegerse de fluctuaciones abruptas. En este sentido, las opciones y los contratos de futuros se presentan como instrumentos derivados estandarizados que permiten fijar los precios de los *commodities* con anticipación mediante un acuerdo sobre el activo subyacente, un precio pactado y una fecha predeterminada de liquidación.

A través del análisis de datos históricos, la aplicación de modelos econométricos y la simulación de escenarios, se busca determinar si la implementación de una estrategia de cobertura financiera puede mejorar la estabilidad de los costos, optimizar los márgenes operativos y fortalecer la sostenibilidad de la Compañía, todo ello abordado desde el marco del modelo de cobertura integral propuesto por Rettinger *et al.* (2024), que resaltaron la necesidad de integrar las decisiones financieras y operativas en entornos caracterizados por la incertidumbre.

La investigación profundiza a través de un diseño metodológico organizado en cuatro fases claras y coherentes, que se exponen a continuación.

Primera fase

Recopilación de información histórica del precio internacional del maíz negociado en CME Group (la Bolsa de Chicago) y expresado en dólares estadounidenses por *bushel*, junto con la tasa representativa del mercado (TRM) publicada por el Banco de la República. Adicionalmente, datos reales del consumo mensual promedio y de la estructura de los costos de alimentación y producción de la Compañía, a fin de contextualizar los escenarios de análisis.

Segunda fase

Análisis de la volatilidad del precio del maíz mediante la aplicación del modelo ARCH o del modelo GARCH. Según Ospina D'Aleman y Giraldo Sánchez (2009), «estos modelos permiten capturar de manera adecuada la heterocedasticidad condicional presente en series financieras, como las acciones o las tasas de cambio que presentan volatilidades variables en el tiempo» (p. 12). Asimismo, permiten estimar el comportamiento variable de los precios y proyectar posibles escenarios de riesgo para la Compañía. El modelo GARCH se ejecutó mediante la herramienta Google Colab, utilizando código en R generado y depurado con apoyo de la aplicación de IA ChatGPT (OpenAI, 2025).

Tercera fase

Evaluación de los instrumentos financieros derivados disponibles en el mercado que puedan adaptarse a las condiciones específicas de la Compañía, a fin de gestionar su exposición a la volatilidad del precio internacional del maíz. Para ello se construyeron escenarios comparativos que analizan dos alternativas estratégicas: i) compra del maíz en el mercado internacional sin aplicar ninguna estrategia de cobertura; y ii) compra del maíz a través de contratos negociados en CME Group. Esta comparación permite identificar los beneficios potenciales de aplicar estrategias de cobertura frente a la volatilidad del precio internacional del maíz.

Cuarta fase

Evaluación del impacto financiero de la estrategia de cobertura diseñada. Para ello se calculó y se comparó la diferencia entre el costo real de adquisición del maíz sin cobertura y el costo asegurado mediante opciones y contratos, estimando su efecto sobre el costo total de alimentación, y el ahorro generado para la Compañía.

5. Análisis de la volatilidad del precio internacional de maíz

5.1 Análisis fundamental del maíz

El análisis fundamental del maíz permite entender las razones que explican su valor económico y cómo sus variaciones impactan los costos de las empresas que lo utilizan como insumo principal. En el caso de la Compañía, este análisis es relevante, dado que este grano representa cerca del 39% de sus costos totales, el factor más sensible dentro de su estructura productiva. De este modo, comprender los fundamentos del mercado del maíz no solo sirve para explicar los cambios de los precios, sino también para anticipar los riesgos financieros y fortalecer la planeación de los costos y los márgenes operativos de la Compañía.

A nivel internacional, según el USDA Foreign Agricultural Service (2025), en el año comercial 2024-2025, Estados Unidos alcanzará una producción estimada de 377 millones de toneladas de maíz, seguido por Brasil (130 millones), Argentina (50 millones) y Ucrania (30 millones), países que en conjunto determinan buena parte de la oferta global (p. 16). Teniendo en cuenta que la producción total de maíz alcanzaría 1.228 toneladas en el período de referencia, estos países representan el 47,85% del total mundial, donde solo Estados Unidos tiene un peso del 30,7% de la oferta total.

Esta concentración de la producción del maíz hace que cualquier alteración climática, política o logística tenga un efecto inmediato sobre los precios internacionales. Sequías prolongadas, restricciones a la exportación o conflictos en zonas productoras como los ocurridos en Europa Oriental pueden reducir la disponibilidad del grano y elevar su cotización. Además, los incrementos en los precios de los fertilizantes, el combustible y el transporte marítimo elevan el costo de producción agrícola y reducen la capacidad del mercado para equilibrar la oferta y la demanda.

La industria avícola colombiana en general depende en gran medida del maíz importado, dado que el 86% del maíz amarillo consumido en el país proviene del exterior. Esto significa que cualquier cambio en las condiciones internacionales como una devaluación del peso o una subida en el precio del grano se traduce de forma inmediata en un aumento del costo de alimentación, afectando los márgenes de rentabilidad de las empresas productoras de huevos.

En el caso de la Compañía, esta relación es directa, un incremento en el precio del maíz impacta el costo del alimento balanceado y, por ende, la rentabilidad del negocio; por tanto, por factores relacionados con los costos logísticos y entendiendo que la oferta nacional de esta materia prima tiene como destino exclusivo el consumo humano, es más viable para la Compañía importarlo desde Estados Unidos, el país de origen que en 2024 representó el 99% de las importaciones de maíz amarillo.

La Figura 6 muestra las importaciones de maíz desde Estados Unidos en 2024.



Fuente: Duarte Torres (2025).

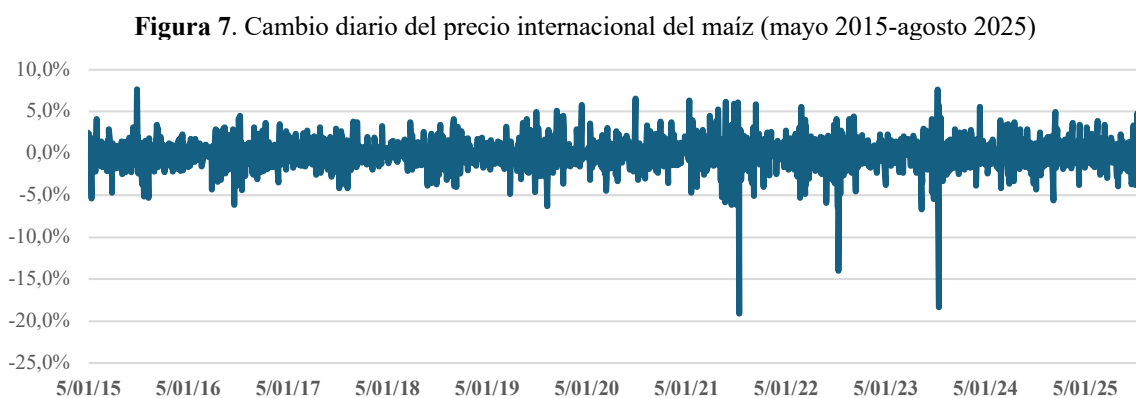
Por otro lado, desde la demanda, el maíz cumple una doble función: es una de las principales fuentes energéticas en la alimentación animal y un insumo clave en la producción de etanol. Esta dualidad lo conecta directamente con el comportamiento del petróleo y con las políticas de transición energética, haciendo que su precio responda tanto a factores agrícolas como financieros. Adicionalmente, el crecimiento de la población mundial, los cambios en los patrones de consumo y las compras estratégicas de países como China ejercen una presión constante sobre la demanda, convirtiéndolo en un activo de alta sensibilidad ante los ciclos económicos globales.

De ahí que este cereal no puede considerarse únicamente como un insumo agrícola, también es un factor de riesgo financiero estructural. Para la Compañía, comprender estos riesgos es fundamental para anticiparse a las fluctuaciones del mercado y diseñar estrategias de cobertura que le permitan estabilizar los costos, proteger los márgenes y garantizar la sostenibilidad del negocio en el tiempo.

5.2 Análisis técnico

En el período 2015-2025, el costo del maíz mostró un comportamiento de alta volatilidad. Con el objetivo de cuantificar la desviación estándar de esta variable, y a partir de la serie de datos obtenida de Investing.com (s. f.), se calcularon los retornos diarios del valor de este *commodity*, a fin de observar con mayor profundidad su comportamiento y aplicar diferentes modelos para conocer su nivel de riesgo.

Las variaciones diarias del precio internacional del maíz en este período arrojaron el comportamiento que se muestra en la Figura 7.



Fuente: elaboración de los autores a partir de Investing.com (s. f.).

Nótese en la Figura 7 que el precio del maíz exhibe un comportamiento dinámico y cambiante, con una banda de variaciones diarias que, entre -5% y $+5\%$, logra capturar la mayor cantidad de observaciones. Asimismo, se destacan tres puntos en la zona negativa, correspondientes a las siguientes fechas: 15 de julio de 2021, 15 de julio de 2022 y 17 de julio de 2023, que no responden a una coincidencia fortuita, coinciden con los vencimientos de los contratos de futuros del maíz negociados en bolsa, que sirven como referencia para la formación de los precios en el mercado internacional. Por esta razón, los cambios de contrato de referencia del derivado provocan variaciones abruptas en la cotización de este commodity. Es importante aclarar que una de las determinaciones en el análisis y la limpieza de los datos fue dejar estos valores, a fin de que los modelos de volatilidad incorporaran tales sucesos y se pudieran presenciar eventualmente en la cotización del precio internacional del grano.

A partir de los datos históricos, el maíz presenta las desviaciones estándar que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Volatilidades del precio internacional del maíz

1,71%	Volatilidad diaria
27,09%	Volatilidad Anualizada

Fuente: elaboración de los autores.

En términos prácticos, las magnitudes de volatilidad de la Tabla 2 explican que el precio del maíz puede moverse diariamente en alrededor del $\pm 1,7\%$ respecto a su valor esperado, lo cual, acumulado en el tiempo, genera oscilaciones relevantes para las empresas que dependen de este insumo como un componente esencial de sus costos.

Si bien la volatilidad histórica es un primer paso para diagnosticar el comportamiento del precio internacional del maíz, es fundamental explorar otros métodos que incorporen ópticas diferentes sobre el valor externo del insumo y su dinámica.

La segunda metodología aplicada fue la EWMA (*exponentially weighted moving average*, media móvil ponderada exponencialmente), un modelo estadístico con el cual se les da un peso más relevante a los datos más recientes del valor de este commodity, teniendo en cuenta que la Figura 2 mostró que el comportamiento más abrupto del grano se materializó en los últimos cinco años dentro de la ventana de tiempo analizada.

Consecuentemente, la metodología EWMA permite estimar la volatilidad del precio internacional del maíz de forma más sensible a los cambios del mercado. A diferencia de la volatilidad histórica —la primera metodología aplicada—, que les da el mismo peso a todas las variaciones pasadas, la EWMA les asigna más importancia a los movimientos recientes de los precios; esto hace que el modelo se ajuste más rápidamente cuando el mercado se vuelve más inestable o, por el contrario, más tranquilo.

La volatilidad anualizada de la EWMA, con un lambda de 0,94,⁴ exhibe el comportamiento que se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Volatilidad anualizada del maíz: EWMA (mayo 2015-mayo 2025)



Nota. $\lambda = 0,94$.

Fuente: elaboración de los autores.

Nótese en la Figura 8 que el resultado de la metodología EWMA muestra que la volatilidad del maíz tiende a agruparse en períodos de alta intensidad, es decir, cuando hay choques de precios que se mantienen por días o semanas. Este fenómeno, conocido como «*clustering* de volatilidad», es característico de los mercados de los *commodities* y es señal de que el riesgo no es constante en el tiempo. Tal hecho se ve soportado al aplicar la metodología anterior, con *rollings* de 22 y 252 días,⁵ que arroja los resultados que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Volatilidad EWMA.

29,28%	Volatilidad EWMA rolling 22 días
23,82%	Volatilidad EWMA rolling 252 días

Nota. *Rollings* de 22 y 252 días.

Fuente: elaboración de los autores.

Se puede concluir que, en ventanas más cortas de tiempo, el precio internacional del maíz concentra episodios de alta variabilidad antes de retomar una senda más «estructural» de volatilidad, suavizando de alguna manera las variaciones diarias.

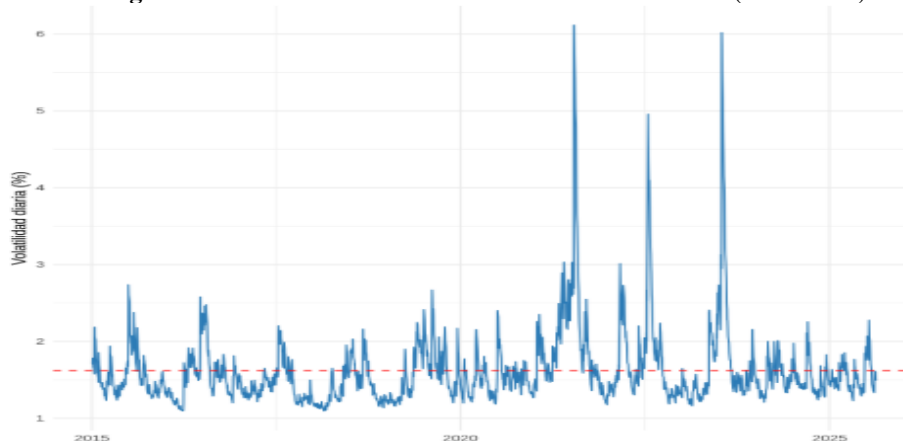
⁴ Matemáticamente, λ actúa como un factor de «suavizamiento» que asigna pesos decrecientes a las observaciones pasadas. Un valor de $\lambda = 0,94$ implica que el modelo otorga un 94 % de peso a la varianza previa y un 6 % al nuevo dato, lo que permite capturar cambios recientes en la volatilidad sin generar fluctuaciones excesivas.

⁵ En la metodología EWMA, el término *rolling* hace referencia al uso de una ventana móvil de tiempo para recalculer la volatilidad de manera continua. Es decir, en lugar de estimar la volatilidad con toda la serie histórica disponible, el cálculo se realiza considerando únicamente los datos de los últimos n períodos, y la ventana se va desplazando conforme avanza el tiempo.

Para la tercera metodología aplicada se decidió usar el modelo GARCH sobre el modelo ARCH, en razón de que permite modelar y estimar la volatilidad del precio internacional del maíz considerando que no es constante a lo largo del tiempo, sino que depende de su propio comportamiento pasado. Este enfoque parte de la premisa de que los períodos de alta volatilidad tienden a agruparse, es decir, que a momentos de alta variabilidad en los precios suelen seguirles otros de similar intensidad.

A diferencia de la metodología EWMA, que otorga mayor peso a las observaciones recientes mediante un parámetro de decaimiento, el modelo GARCH incorpora tanto la volatilidad pasada como los choques recientes en los rendimientos para generar una estimación dinámica de la varianza condicional. De esta manera, este modelo captura de forma más precisa los episodios de inestabilidad en el mercado y las fases de calma relativa, reflejando la naturaleza cíclica y persistente de la volatilidad en los precios de los *commodities*. La volatilidad condicional diaria estimada mediante el modelo GARCH exhibe el comportamiento que se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Modelo GARCH. Volatilidad condicional diaria (2015-2025)



Fuente: elaboración de los autores.

Mediante la metodología del modelo GARCH, la volatilidad condicional diaria promedio fue del 1,62%, equivalente a una volatilidad anual del 25,72%, un comportamiento propio de los mercados agrícolas altamente sensibles a choques externos.

Al proyectar escenarios de riesgo bajo una distribución normal, usando el modelo VaR al 95% a partir de la volatilidad histórica,⁶ se obtiene que el precio del maíz podría experimentar caídas de hasta un -2,8% en un día y de un -13% en un horizonte de 23 días hábiles, equivalentes a un mes de operación. En otras palabras, en un escenario adverso, la Compañía debería estar preparada para afrontar reducciones de hasta el 13% en el precio del maíz dentro de un mes, lo que

⁶ El *value at risk* (VaR) al 95 % es una medida estadística que permite cuantificar el riesgo de pérdidas potenciales en el precio internacional del maíz bajo condiciones normales de mercado. En términos técnicos, el VaR estima el nivel máximo de pérdida esperada en un horizonte temporal determinado (por ejemplo, diario, semanal o mensual) con un cierto nivel de confianza, en este caso del 95 %.

Esto significa que, basado en el comportamiento histórico del precio del maíz, existe un 95 % de probabilidad de que las pérdidas no superen el valor estimado por el VaR, y un 5 % de probabilidad de que estas sean mayores.

reafirma la alta volatilidad de su precio internacional e implica un impacto directo sobre el costo de alimentación y, en consecuencia, el margen de rentabilidad. Con todo, esta variabilidad crea una gran oportunidad para establecer marcos de gestión de riesgos frente al costo externo del grano, aunque también imprime dificultades en la estrategia de cobertura usada, porque podría llegar a representarle pérdidas importantes.

Es fundamental comparar ahora los resultados anteriores con otra variable económica, para poder contar con un margen de relatividad frente a la volatilidad presentada por el precio internacional del maíz. En este caso se usó la TRM (COP/USD), entendiendo que, al tener un precio determinado en dólares estadounidenses, la tasa de cambio se convierte en un factor adicional de riesgo para la Compañía.

La TRM presentó una volatilidad diaria promedio del 0,86%, equivalente al 13,68% anualizada durante el mismo período de tiempo analizado. Esta diferencia evidencia que el riesgo cambiario, aunque importante, es menos intenso y más estable que el riesgo inherente al mercado del maíz. En otras palabras, el maíz incorpora choques estructurales de oferta y demanda global, mientras que la tasa de cambio se ve afectada por factores macroeconómicos y financieros como las políticas monetarias, la inflación o el flujo de capitales, que tienden a tener un comportamiento más gradual.

Por tanto, en la Compañía, el componente de mayor riesgo dentro de su estructura de costos proviene del precio del maíz y no del tipo de cambio. Inclusive, al analizar la relación estadística entre ambos activos, se encontró un coeficiente de correlación de $-0,023$, prácticamente nulo. Esto significa que los movimientos diarios del precio del grano no guardan relación sistemática con los movimientos del tipo de cambio.

Así, un incremento en el dólar no garantiza necesariamente una caída en el maíz ni viceversa. Este hallazgo tiene un valor estratégico, en tanto confirma que no es viable o no sería pertinente una cobertura cruzada (*cross hedge*) entre el maíz y la TRM, ya que sus comportamientos no se mueven de forma sincronizada. En consecuencia, la Compañía deberá gestionar de manera separada ambos tipos de riesgo, utilizando instrumentos distintos —por ejemplo, los *forwards* o los contratos de futuros para el tipo de cambio y los contratos de cobertura o los derivados sobre *commodities* para el maíz.

La Tabla 4 muestra un resumen de las volatilidades del precio internacional del maíz según las diferentes metodologías y modelos aplicados.

Tabla 4. Resumen de las volatilidades del precio internacional del maíz según las diferentes metodologías y modelos aplicados

MODELO	HISTÓRICO	EWMA <i>Rolling</i> de 22 días	EWMA <i>Rolling</i> de 252 días	GARCH
Volatilidad anualizada (%)	27,09	29,28	23,82	25,72

Fuente: elaboración de los autores.

En conjunto, los resultados de la Tabla 4 evidencian que el precio internacional del maíz presenta un comportamiento altamente volátil, con una dispersión anual entre el 23% y el 30%,

una dinámica condicional que se intensifica en períodos de crisis y un comportamiento independiente del tipo de cambio colombiano.

El uso de la metodología EWMA identificó la naturaleza no constante del riesgo, mientras que los promedios móviles (*rollings*) de 22 y 252 días confirmaron la existencia de ciclos intensos de alta volatilidad seguidos por etapas de calma. Por su parte, el modelo GARCH identificó que la variabilidad de este commodity no es constante en el tiempo, sino que se agrupa en períodos de alta y baja inestabilidad.

En términos prácticos, estos resultados indican que el precio del maíz responde de forma intensa y prolongada a factores como variaciones en la oferta y la demanda global, fenómenos climáticos, políticas de exportación y costos logísticos internacionales. De este modo, el comportamiento persistente de la volatilidad justifica el uso de estrategias de cobertura mediante derivados financieros, ya que la exposición al riesgo de precio puede mantenerse elevada por varias semanas consecutivas.

En suma, estos hallazgos respaldan la pertinencia de incorporar modelos econométricos de volatilidad en la gestión de riesgos de materias primas, proporcionando una base cuantitativa para la planeación de las compras, las estrategias de cobertura y la simulación de escenarios adversos.

6. Condiciones operativas, financieras y cambiarias de Avícola del Darién S. A. que determinan su nivel de exposición al precio internacional del maíz

Como fue mencionado, la Compañía se dedica a la cría de aves de corral para la producción y comercialización de huevos. Sus granjas se ubican en los municipios de Carepa y Frontino, departamento de Antioquia, con una cobertura de venta que abarca desde Santa Fe de Antioquia hasta Montería en el departamento de Córdoba, a través de puntos propios y físicos en algunos de los municipios del área cubierta y, en otros casos, a través de puntos de venta móviles.

Según la base de datos EMIS,⁷ la Compañía registró ingresos en 2024 por COP 31.124 MM (MM: millones), con una variación del 2,3% frente a 2023, que fueron de COP 30.429 MM. Sus costos de ventas fueron COP 26.026 MM en 2024, con un crecimiento del 2,1% frente a COP 25.513 MM de 2023. Estas cifras representaron para 2024 una utilidad bruta de COP 5.098 MM, con margen bruto del 16,37%, ligeramente superior al de 2023, que fue de COP 4.916 MM, con el 16,1%.

Las ganancias netas de la Compañía fueron de COP 152 MM en 2024, lo que representó una disminución del 66,6% frente a COP 455 MM de 2023, por ende, los márgenes netos para 2024 fueron del 0,5% y, para 2023, del 1,5%. Estas cifras permiten entrever una empresa con una estructura intensiva en costos que genera márgenes de rentabilidad estrechos.

Trayendo a colación lo mencionado en el Marco teórico, la Compañía, en el período 2014-2024, reportó en promedio costos de ventas que representaron el 82% de sus ingresos. Asimismo, según parámetros técnicos de la industria avícola y conversaciones con el gerente general, el rubro de mayor peso dentro de los costos de producción correspondió a la alimentación de las gallinas ponedoras, con una participación cercana al 70%. Dentro de la dieta balanceada, el maíz amarillo constituye alrededor del 55% de la fórmula, consolidándose como el principal insumo dentro de la estructura de costos de la Compañía.

La combinación de estos porcentajes permite concluir que el maíz explica aproximadamente el 39% de los costos totales de la Compañía. Como fue expuesto: de cada COP 100 que gasta en producir, COP 39 dependen directamente del precio del maíz, lo que indica que en 2024 compró maíz amarillo por el orden de COP 10.125 MM. Estas compras equivalen al 32,53% de los ingresos totales, lo que quiere decir que de cada COP 100 de ingresos, COP 32,53 se destinaron a la compra de este *commodity*.

Actualmente, la Compañía cuenta con un universo de gallinas ponedoras de 250.000 aves. Según las cifras suministradas por la administración (archivo personal de los autores), cada animal puede llegar a consumir 110 gramos de alimento balanceado —de los cuales el 55% corresponde a maíz amarillo—, que generan las siguientes necesidades en diferentes lapsos de tiempo:

⁷ Emis University es una herramienta financiera y de análisis de negocios con cerca de 200 000 perfiles de compañías de más de 500 fuentes de información económica, sectorial y corporativa, estados financieros, análisis de riesgo y crédito, reportes y noticias, base de datos de fusiones y adquisiciones. segmentación industrial y *ranking* sectorial de cerca de 110 industrias.

- 1 día: 250.000 aves * 110 gr = 27,5 ton de alimento balanceado (15,1 ton de maíz amarillo).
- 1 mes: 27,5 ton * 30 días = 825 ton de alimento balanceado (453,7 ton de maíz amarillo).
- 1 año: 825 ton * 12 meses = 9.900 ton de alimento balanceado (5.445 ton de maíz amarillo).

Cabe mencionar que, para suplir estas necesidades de alimentación, la Compañía recorre actualmente dos caminos de abastecimiento, dependiendo de las condiciones de mercado y los niveles de producción, a saber:

- 1) Importar o comprar de manera individual cada una de las materias primas que se requieren para la producción del alimento balanceado, almacenarlas y llevar a cabo el proceso de transformación para obtener el producto final a través de la planta de producción de alimentos balanceados ubicada en la granja del municipio de Carepa.
- 2) Comprar a nivel local o nacional el alimento balanceado ya listo/transformado a empresas dedicadas a esta actividad, tales como Contegral, Solla e Italcol.

En la actualidad, la mayor proporción de abastecimiento de alimento balanceado de la Compañía proviene del primer camino. Así las cosas, y entendiendo que, según el gerente general, el alimento balanceado podría estar entre COP 70 y 80 por kilogramo más económico que comprarlo localmente ya transformado, se asume para este caso específico que el ciento por ciento del alimento balanceado se obtendrá de importar o comprar cada una de las materias primas que lo componen.

El gerente general señaló que actualmente cuentan con una capacidad instalada de almacenamiento de materias primas equivalente a diez días de producción. En términos operativos, esto significa que la Compañía dispone de espacio para almacenar hasta 275 toneladas de alimento balanceado, un volumen que, considerando la proporción de ingredientes de la fórmula, representa aproximadamente 151 toneladas de maíz amarillo.

No obstante, el gerente reconoce que el nivel óptimo de inventario debería permitir un abastecimiento mínimo de un mes, a fin de garantizar la continuidad del proceso productivo y reducir la dependencia de entregas frecuentes por parte de los proveedores. En otras palabras, el objetivo es que la Compañía pueda almacenar una cantidad suficiente de materias primas para sostener un mes completo de producción, aprovechando al máximo su infraestructura física y evitando interrupciones o sobrecostos derivados de compras urgentes o desabastecimiento.

El proceso de abastecimiento de maíz amarillo en la Compañía se desarrolla a partir de una planeación anticipada que busca garantizar la continuidad en la producción de alimento balanceado. Por ello, realiza sus compras principalmente a través de *brokers* o proveedores que consolidan las operaciones con otros consumidores corporativos colombianos para completar la capacidad total de los buques y, de esa manera, obtener ahorros logísticos por volumen transportado. En algunas ocasiones, dentro de esos mismos embarques también se incluye la torta o el frijol de soya, aprovechando las sinergias en el transporte marítimo y la coincidencia de destino.

Las negociaciones se realizan con una anticipación promedio de dos meses bajo la modalidad de ventanas de entrega que dividen las recepciones en dos períodos: la primera (1 al 15) y la segunda quincena (16 al 30) de cada mes. Este sistema permite organizar la llegada del maíz y los demás insumos según la capacidad de almacenamiento actual de la Compañía. Además, mantiene relaciones comerciales con proveedores nacionales a quienes se les compra alimento balanceado ya transformado, una alternativa válida ante restricciones logísticas o variaciones de precio en los mercados internacionales.

En relación con las modalidades de negociación y pago, la Compañía trabaja bajo dos esquemas principales. En el caso de proveedores agrícolas como ADM (Archer Daniels Midland Co.), que son cultivadores directos, se pacta el precio con dos meses de anticipación —este valor varía en función de la cotización del maíz en la Bolsa de Chicago (CME Group)—, y el pago se realiza al momento de recibir el commodity, lo que le otorga cierta flexibilidad financiera y de flujo de caja. Este egreso se lleva a cabo mediante cuentas de compensación o *forwards* negociados con la banca local, dado que su cobro es en dólares estadounidenses. Caso contrario sucede con los *brokers* (como Seaboard), que exigen el pago inmediato una vez emitida la factura, para lo cual la Compañía usa mecanismos como el *factoring*.

Desde el punto de vista logístico, una vez el maíz está en puerto durante las ventanas de tiempo mencionadas, el traslado a la planta de producción se lleva a cabo semanalmente con una frecuencia de retiro de puerto de entre cuatro y cinco tracto-mulas que llegan a la granja de Carepa. Pese a la limitación de espacio en los silos, este flujo constante de entregas le permite a la Compañía sostener el proceso productivo.

Se evidencia entonces que la Compañía mantiene una alta dependencia estructural del maíz amarillo tanto por su participación dentro de la dieta alimenticia de las gallinas ponedoras como por su peso en la estructura de costos. Asimismo, el volumen de consumo pone de manifiesto la magnitud de la operación y la exposición que ella enfrenta frente a las variaciones en el precio internacional del maíz, el tipo de cambio y los costos logísticos de importación. Esta dependencia se ve acentuada por la limitada capacidad de almacenamiento actual, que apenas cubre diez días de producción y la obliga a mantener un esquema continuo de compras y entregas bajo las ventanas quincenales acordadas.

En consecuencia, cualquier alteración en el precio internacional del maíz, la tasa de cambio USD/COP o la logística de transporte marítimo tiene un impacto inmediato sobre la estructura de costos y los márgenes de la Compañía. Estos factores convierten al maíz amarillo no solo en un insumo fundamental desde el punto de vista productivo, sino en un factor crítico de riesgo financiero y operativo cuya gestión eficiente es determinante para su estabilidad.

De todo lo anterior se puede concluir que la Compañía opera bajo un modelo altamente sensible a las condiciones del mercado internacional de los granos, donde el fortalecimiento de estrategias de cobertura, la ampliación de la capacidad de almacenamiento y la planificación financiera en moneda extranjera se consolidan como elementos claves para mitigar la exposición al precio del maíz y asegurar la sostenibilidad del negocio en el largo plazo.

7. Estrategia de cobertura mediante instrumentos financieros

A partir del análisis comparativo de las volatilidades del precio internacional del maíz y de la TRM expuestos, se observa que el riesgo predominante para la Compañía proviene de la variabilidad del precio del grano en los mercados internacionales, más que del comportamiento cambiario del peso colombiano frente al dólar estadounidense. Este hallazgo es consistente con la naturaleza del negocio, en el cual este cereal representa el insumo de mayor peso en la estructura de costos de producción.

En consecuencia, la gestión de riesgos debe concentrarse en la cobertura financiera del precio del maíz mediante instrumentos derivados, por ejemplo, a través de contratos de futuros listados en la Bolsa de Chicago (CME Group). Esta estrategia permitirá fijar el valor del insumo en dólares y neutralizar la volatilidad del mercado, manteniendo la flexibilidad logística y comercial con el proveedor físico.

Desde la perspectiva operativa, la Compañía cuenta con una capacidad de almacenamiento limitada de diez días, lo que la obliga a mantener un constante flujo de transporte del maíz desde los puertos marítimos del país. Este factor logístico le impide acumular inventarios extensos para aprovechar precios bajos y la obliga a mantener un esquema de importaciones periódicas y sincronizadas. En este contexto, el uso de derivados adquiere una función estratégica, asegurar financieramente el precio internacional del maíz con anticipación, aun cuando la compra física al importador se realice mes a mes.

La variación de los precios expresada en dólares estadounidenses adquiere mayor relevancia en el contexto colombiano al estar sujeta a la fluctuación de la TRM. Así, una depreciación del peso amplifica el costo de importación del maíz, mientras que una apreciación lo reduce temporalmente. Cabe precisar que la tendencia descendente de la TRM observada recientemente no garantiza estabilidad, pues puede revertirse ante movimientos internacionales en las tasas de interés, cambios en los flujos de capital o tensiones en los mercados de los *commodities*. Inclusive, la tasa de interés de la política monetaria en Colombia ha mantenido históricamente niveles superiores a la de la Reserva Federal de Estados Unidos. Esta diferencia estructural en las tasas de interés refleja las brechas inflacionarias y de riesgo país existentes entre ambas economías. En consecuencia, la TRM tiende a presentar presiones hacia una depreciación teórica del peso colombiano frente al dólar estadounidense, derivada de los diferenciales de las tasas de interés y de la inflación implícitos en cada economía.

En este contexto los diferentes modelos de cobertura y la condición actual de almacenamiento de la Compañía evidencian que una cobertura estática no es suficiente y que resultaría más eficiente adoptar una estrategia de *roleo* mensual o bimensual de derivados, que permita ajustar continuamente el nivel de exposición y capturar las oportunidades de precio derivadas de la volatilidad del mercado. Esta estrategia asegurará que, incluso en períodos de dólar bajo, la Compañía mantenga una protección dinámica frente a potenciales repuntes del tipo de cambio y de los precios internacionales del maíz.

Desde la perspectiva teórica de la gestión empresarial del riesgo, resulta fundamental que las empresas mantengan mecanismos de cobertura que les permitan estabilizar sus costos y proteger su rentabilidad frente a la volatilidad de los mercados. Como lo señaló Hull (2015), las estrategias de cobertura constituyen herramientas esenciales dentro del marco de la administración moderna del riesgo, en tanto ayudan a reducir la exposición a variables externas y garantizar una mayor previsibilidad en los resultados financieros (p. 563).

La implementación de políticas de cobertura no solo contribuye a mitigar los efectos de las fluctuaciones externas, sino que fortalece la capacidad de la Compañía para gestionar las variables internas sobre las cuales tiene incidencia directa, optimizando así su desempeño operativo y financiero. En esta dirección, cabe reconocer que una parte significativa de los costos proviene de variables exógenas, cuyos valores son determinados por factores externos a la gestión corporativa, por ejemplo, los precios internacionales de los *commodities* o las variaciones en la tasa de cambio.

Teniendo en cuenta lo expuesto, resulta indispensable establecer un modelo y una política de gestión de riesgos ante la volatilidad del precio internacional del maíz que propenda por la sostenibilidad financiera de la Compañía. Para establecer un modelo que se adapte a sus condiciones financieras, operativas y logísticas se debe conocer qué herramientas (derivados) existen en el mercado financiero y su funcionamiento, que se exponen a continuación.

7.1 Tipos de derivados

7.1.1 Contratos de futuros del maíz (CME Group)

Los contratos de futuros del maíz constituyen uno de los principales instrumentos financieros utilizados para la gestión de riesgos de los precios en los mercados agrícolas internacionales. Un contrato de futuro del maíz es un acuerdo estandarizado que obliga a las partes a comprar o vender una cantidad determinada de este grano en una fecha futura⁸ a un precio previamente fijado, negociándolo en bolsas especializadas. La alta liquidez de los contratos de futuros del maíz, derivada del gran número de participantes (productores, comercializadores, fondos de inversión y especuladores), facilita la ejecución rápida de las operaciones y la continua formación de precios, convirtiéndolos en una referencia clave para las transacciones físicas en los mercados internacionales. De hecho, los precios observados en el mercado de contratos de futuros de la Bolsa de Chicago influyen directamente en las cotizaciones *spot* del maíz en diferentes regiones del mundo y sirven como base para contratos de exportación, importación y para políticas agrícolas.

Los contratos de futuros permiten estabilizar los costos de este insumo, planificar los presupuestos con precisión y reaccionar ante las variaciones en el mercado internacional sin comprometer la continuidad operativa. Cabe traer a colación los márgenes de garantía de los contratos de futuros, que consisten en depósitos exigidos por las bolsas para asegurar el cumplimiento de las obligaciones financieras de los participantes. La garantía inicial es el monto

⁸ Los vencimientos de los contratos de futuros se refieren a las fechas específicas en las que expira el acuerdo, por lo que las partes involucradas deben cerrar o liquidar sus posiciones. En el caso del maíz, se negocian con vencimientos estandarizados en los meses de marzo, mayo, julio, septiembre y diciembre, lo que les permite a los participantes seleccionar el período que mejor se ajuste a su calendario de producción, comercialización o necesidades de cobertura, aunque su uso implique cierta rigidez.

que debe depositarse al abrir una posición y representa solo una fracción del valor total del contrato, mientras que el margen de mantenimiento es el saldo mínimo que debe conservarse. Por ende, estos instrumentos implican riesgos financieros ante cambios bruscos en el precio del maíz, que pueden generar pérdidas rápidas y requerir nuevos aportes de capital. Además, el uso de estos márgenes genera un apalancamiento que amplifica tanto las ganancias como las pérdidas potenciales.

7.1.2 Contratos *forward* sobre el maíz (*over-the-counter*, OTC)

Este tipo de instrumento permite pactar desde hoy el valor futuro del grano, asegurando un precio por tonelada en dólares estadounidenses para una fecha específica. A diferencia de los contratos estandarizados que se negocian en bolsa, los *forwards* se transan en el mercado *over-the-counter* (OTC), lo que ofrece una flexibilidad mucho mayor en términos de cantidad, vencimiento y condiciones de entrega.

En la práctica, esta alternativa le da a la Compañía la posibilidad de adaptar el contrato a su propio ciclo operativo, alineando el vencimiento con los tiempos de importación o con los meses de mayor consumo de alimento balanceado. Con todo, es importante tener presente que estos contratos no cuentan con una cámara de compensación, por lo que existe un riesgo de contraparte. Por esta razón, lo recomendable es realizarlos únicamente con entidades financieras o proveedores de reconocida solvencia. Además, carecen de liquidez y no pueden modificarse fácilmente si las condiciones del mercado o las fechas de importación cambian. Tampoco existe un precio de referencia público que facilite su valoración, lo que dificulta el control interno y la transparencia contable.

7.1.3 Opciones financieras sobre el maíz

Las opciones financieras son instrumentos semejantes a un seguro que otorga el derecho, pero no la obligación —a diferencia de los contratos de futuros y los *forwards*— de comprar o vender un activo a un precio previamente establecido, pagando para ello una prima. El funcionamiento de una opción sobre el precio internacional del maíz podría explicarse de la siguiente manera: la Compañía podría adquirir una opción *call* (compra), aunque también hay opciones *put* (venta) que le garantice un precio máximo por tonelada, por ejemplo, USD 190. Si el precio del maíz sube por encima de ese nivel, la opción le permite comprar al precio acordado, evitando sobrecostos. Si, por el contrario, el precio cae, la Compañía simplemente no ejerce la opción y compra al nuevo precio de mercado. La única inversión es la prima, que actúa como una póliza de seguro frente a la volatilidad.

En suma, las opciones sobre el maíz ofrecen una protección flexible ajustada a la realidad operativa de la Compañía, y son instrumentos que no solo reducen el riesgo financiero, sino que aportan margen de maniobra frente a la incertidumbre del mercado internacional. Sin embargo, el costo de la prima que debe pagarse por cada contrato hace que esta alternativa sea poco viable para coberturas recurrentes. Además, su gestión requiere experiencia técnica y herramientas de valoración avanzadas que superan en muchas ocasiones la estructura operativa de una empresa del

sector real. Por tanto, aunque las opciones brindan flexibilidad y control en entornos altamente volátiles, no son financieramente eficientes para una cobertura recurrente sostenida.

7.1.4 Swaps de commodities (commodity swaps sobre el maíz)

Los *swaps* de *commodities* son acuerdos financieros que permiten intercambiar flujos de dinero basados en el precio de un producto. En el caso del maíz, una de las partes paga un precio fijo por tonelada mientras recibe un valor flotante vinculado a un índice de referencia como el Bloomberg Corn Index o el promedio mensual de CME Group. A diferencia de los contratos físicos, esta clase de swaps se liquida solo por diferencia, sin entrega del grano, y su objetivo es estabilizar el costo del insumo en el tiempo.

Implementar un swap de precio fijo por uno flotante sería una estrategia eficaz para convertir un flujo de costo variable que depende del mercado internacional en uno predecible y estable. Esto significa que, cada mes, la Compañía pagaría un valor fijo por tonelada de maíz y compensaría con la contraparte si el precio real del mercado se aleja del valor acordado. En otras palabras, el swap funciona como un estabilizador del costo de producción, lo cual es esencial en una empresa cuyo margen está tan expuesto a las variaciones externas. Incluso puede complementarse con un *swap* de divisas (*cross-currency swap*) para cubrir simultáneamente la exposición cambiaria USD/COP, logrando así una protección integral del costo en moneda local.

El riesgo principal de esta modalidad es el riesgo crediticio de la contraparte, dado que, al ser una operación OTC, no existe una compensación centralizada. Además, en la práctica, presenta limitaciones, debido a su complejidad operativa y al horizonte temporal de las operaciones. Los swaps suelen estructurarse a uno o más años. A esto se le suma la dificultad de cancelarlos o modificarlos antes del vencimiento. En consecuencia, los swaps resultan instrumentos de gran alcance teórico, pero poco funcionales para una empresa que necesita flexibilidad y respuesta rápida a los cambios del mercado.

La Tabla 5 muestra un resumen de los factores de riesgo involucrados en los derivados analizados.

Tabla 5. Factores de riesgo de los derivados analizados

FACTORES DE RIESGO				
Instrumento	Flexibilidad	Riesgo de Contraparte	Costo	Liquidez
Futuros	Alta	Bajo	Bajo	Alta
Forwards	Alta	Alto	Medio	Baja
Opciones	Alta	Bajo	Alto	Media
Swaps	Media	Alto	Alto	Baja

Fuente: elaboración de los autores.

En conclusión, la evaluación de instrumentos financieros derivados como los contratos de futuros, los contratos *forward* sobre el maíz, las opciones financieras y los *swaps* de *commodities* son mecanismos válidos para mitigar la volatilidad del precio internacional de este grano. Sin embargo, tras analizar los diferentes factores de riesgo de estos instrumentos y su grado de

adaptación a la dinámica de la Compañía, se determinó que la estrategia más eficiente es la implementación de contratos de futuros del maíz de CME Group.

Esta modalidad permite mantener una cobertura continua ajustada a los ciclos de compra y consumo de la Compañía, garantizando el control sobre el costo del insumo base con el menor costo de los instrumentos financieros derivados analizados —según el flujo de caja de la Compañía— y la flexibilidad suficiente para responder ante las variaciones en el mercado internacional. El uso de los contratos de futuros de CME Group, junto con un esquema disciplinado de *roleo*,⁹ constituye la alternativa más transparente, líquida y alineada con las prácticas internacionales de gestión de riesgos de los *commodities* agrícolas, asegurándole a la Compañía estabilidad en los costos de producción y previsibilidad financiera a lo largo del año.

⁹ El *roleo* (*roll-over*), una cobertura con contratos de futuros del maíz, consiste en cerrar la posición vigente antes de su vencimiento y abrir una nueva posición en el siguiente contrato, manteniendo así la cobertura activa de forma continua. Este proceso de renovación periódica permite trasladar la cobertura de un vencimiento a otro, evitando la exposición temporal al mercado y garantizando estabilidad en el costo proyectado del insumo. Al hacerlo mensualmente (*roleo* mensual), la Compañía sincroniza sus coberturas con su ritmo de consumo y logística de importación y almacenamiento, asegurando continuidad y precisión en su gestión de riesgos de precios.

8. Modelo de cobertura

Antes de definir el modelo de cobertura seleccionado, es importante reconocer que la Compañía cuenta con diversas alternativas para gestionar el riesgo asociado a la volatilidad del precio internacional del maíz, su principal insumo. Entre las opciones disponibles se encuentran las siguientes: i) cobertura financiera mediante futuros de compra y venta de maíz basados en su precio internacional; ii) contratación de futuros con entrega física del maíz; y iii) estrategias operativas basadas en la gestión del inventario como el almacenamiento anticipado cuando los precios son bajos, o la compra en el mercado nacional cuando los precios internacionales resultan poco favorables.

La cobertura con entrega física a través de futuros ofrece la ventaja de asegurar tanto el precio como el abastecimiento del grano. No obstante, conlleva importantes desafíos logísticos y costos asociados al transporte internacional del maíz desde Estados Unidos, además de la necesidad de coordinar estrictamente las fechas de entrega y la recepción del producto, lo que puede generar tensiones operativas si existen demoras o desajustes en la cadena logística.

Por otro lado, la estrategia de almacenamiento preventivo le puede permitir a la Compañía aprovechar períodos de precios bajos acumulando inventario. Esta alternativa, sin embargo, exige una capacidad financiera considerable y está limitada por la infraestructura disponible para el almacenamiento seguro y adecuado del grano: solo diez días, según el gerente general. A esto se le suman los costos de conservación y los riesgos asociados al manejo prolongado de inventarios.

La opción de adquirir maíz en el mercado nacional cuando el precio internacional presenta niveles elevados puede representar una vía para evitar costos de importación excesivos. Sin embargo, esta decisión depende de la disponibilidad local del producto y, en muchos casos, los precios internos tienden a reflejar las variaciones del mercado internacional, por lo que no siempre se garantiza un ahorro significativo. Además, a nivel nacional es difícil conseguir maíz sin que haya sido transformado, ya que la mayoría de la producción local se destina al consumo humano y, por tanto, se debería recurrir al producto final, el alimento balanceado, que tiende a tener constantemente un precio superior a la consecución individual de las materias primas y llevar a cabo el proceso de transformación para tener el producto final.

Por último, la cobertura financiera con contratos de futuros consiste, en términos simples, en hacer una especie de «acuerdo financiero» para fijar hoy el precio al que se comprará el maíz en el futuro, sin necesidad de comprarlo físicamente. La Compañía no recibe maíz ni lo entrega: solo «asegura» financieramente un precio. Si el precio del maíz sube en el mercado internacional, la Compañía gana dinero en los futuros —porque los compró más barato en el contrato— y con esa ganancia compensa el mayor costo de la importación real. Si el precio baja, pierde en los futuros, pero compra el maíz más barato en el mercado físico, por lo que el efecto neto se estabiliza. En otras palabras, la cobertura actúa como un seguro, no evita que el precio cambie, pero sí evita que esos cambios afecten los costos de la Compañía.

Desde el punto de vista operativo, la cobertura se implementa a través de posiciones largas (*long*) y posiciones cortas (*short*) en los contratos de futuros. Esta operación de compra y venta se

compensa de forma automática en la bolsa, generando una ganancia o pérdida financiera que refleja la variación del precio del maíz durante ese período. Al repetir este proceso cada mes (comprar un contrato largo y luego venderlo para cerrarlo), la Compañía realiza un *roleo* continuo que permite mantener la cobertura activa sin riesgo de recibir físicamente el grano.

Su principal bondad es que permite protegerse del riesgo de precios sin mover inventarios ni alterar el proceso logístico de compra del maíz. Además, es flexible, los contratos pueden abrirse, cerrarse o renovarse de manera sencilla, y los costos de transacción son relativamente bajos. No obstante, también tiene algunas desventajas: se debe mantener un margen de garantía en la cámara de compensación (que puede aumentar cuando la volatilidad del mercado es alta); existe el llamado *basis risk*, que es la diferencia entre el precio del contrato y el precio real de importación; y exige un seguimiento constante del mercado y disciplina en la ejecución de la estrategia.

En este caso, el modelo financiero diseñado para la Compañía se alinea directamente con el objetivo general de la investigación, que consiste en demostrar, con base en datos reales, cómo puede reducir el impacto de las variaciones del precio internacional del maíz sobre sus costos de producción a través de una estrategia de cobertura financiera con contratos de futuros negociados en la Bolsa de Chicago (CME Group).

El modelo se desarrolla bajo una lógica de exposición financiera (sin entrega física de maíz) donde cada tonelada del grano se valora en dólares estadounidenses (USD/t) de acuerdo con su cotización internacional y posteriormente es convertida a pesos colombianos (COP) aplicando la tasa representativa del mercado (TRM). Esta última se incorpora como una variable de conversión que refleja la realidad cambiaria del país, pero sin restar protagonismo al verdadero origen del riesgo: la volatilidad del precio internacional del maíz.

Se exponen a continuación los bloques que permitieron conseguir el modelo propuesto en la investigación.

8.1 Bloque 1. Análisis de la volatilidad del precio internacional del maíz y de la TRM

En un primer momento, y para caracterizar la volatilidad del precio del maíz, se evaluaron cuatro enfoques sobre la serie de rendimientos logarítmicos diarios.¹⁰

Inicialmente se calculó una volatilidad histórica simple como la desviación estándar de todo el período, lo que ofrece una medida promedio del riesgo, pero bajo el supuesto poco realista de volatilidad constante en los mercados de *commodities*, donde se alternan fases de calma y de alta inestabilidad.

Seguidamente se aplicó un modelo tipo EWMA que otorga mayor peso a los choques recientes y olvida gradualmente la información antigua, capturando mejor los episodios de turbulencia de los últimos períodos que la volatilidad simple. En este caso se utilizaron adicionalmente *rollings* de 22 y 252 días hábiles, que permiten ver cómo la volatilidad aumenta o disminuye en distintos momentos y entregan una lectura más dinámica, aunque siguen siendo indicadores descriptivos *ex post* sin una estructura formal de pronóstico.

¹⁰ Confróntese Capítulo 5. Análisis de la volatilidad del precio internacional de maíz.

Finalmente se estimó el modelo GARCH sobre los rendimientos, en el cual la varianza condicional depende tanto de los choques recientes como de la propia volatilidad pasada, reproduciendo el patrón típico de las materias primas (períodos de tranquilidad seguidos de rachas de alta volatilidad –*clustering*–) y generando adicionalmente una trayectoria explícita de volatilidad esperada hacia adelante que puede integrarse directamente en las simulaciones de precios futuros.

En el caso de la TRM (COP/USD), para efectos de simplificación se trabajó con la volatilidad histórica de los rendimientos logarítmicos diarios en el período de referencia, empleándola como insumo para generar los escenarios de TRM en el modelo de cobertura.

8.2 Bloque 2. Porcentaje de cobertura

Para llevar el análisis de riesgo al terreno operativo de la Compañía, se construyó una serie mensual a partir de la información diaria del precio internacional del maíz, tomando en cada caso el último dato hábil de cada mes como referencia del cierre del período. Sobre esta base se fijó un consumo de referencia de 550 toneladas de maíz al mes, de acuerdo con la realidad productiva de la Compañía, y se definió un objetivo de cobertura del 80%, equivalente a 440 toneladas mensuales.

Dado que cada contrato de futuros de maíz de CME Group representa aproximadamente 127 toneladas, el volumen por cubrir se tradujo en un número entero de contratos mediante la razón entre las toneladas cubiertas y el tamaño del contrato, lo que condujo, en promedio, a operar alrededor de tres contratos por mes; esto quiere decir que, al operar tres contratos de futuros de maíz, se cubre en realidad el 69,27% del consumo promedio total mensual de la Compañía. De este modo, el modelo conecta explícitamente su exposición física mensual con una posición financiera concreta en contratos de futuros, sobre la cual se evalúa posteriormente el desempeño de la estrategia de cobertura.

De acuerdo con el análisis fundamental de la Compañía, se determinó que la cobertura del 80% corresponde a la necesidad de estabilizar el costo del insumo sin incurrir en los riesgos operativos y financieros de una cobertura total, dado que una cobertura cercana al 100% aumentaría las probabilidades de sobre cobertura ante variaciones en el consumo real, aumentando el riesgo base; además, teniendo en cuenta el tamaño de los contratos y entendiendo que son futuros estandarizados (127 toneladas), no es posible cubrir de manera exacta el 100% del consumo, ya que cuatro contratos corresponderían 508 toneladas (el 92,36% del consumo mensual de maíz) y cinco contratos implicarían una cobertura de 635 toneladas, lo que dejaría un escenario de sobre cobertura.

Es preciso indicar que la cobertura total o por encima del 80% requiere de mayor flujo de caja para los requerimientos del margen de garantía (el depósito inicial de capital para abrir la posición) y posibles llamados a margen (pérdidas por debajo del mantenimiento mínimo). Por otra parte, coberturas demasiado bajas, por ejemplo, del 40% o el 50%, no resultan pertinentes o no crean valor, porque dejan expuesta una proporción elevada del consumo a la volatilidad del precio internacional y de la tasa de cambio. Adicionalmente, un porcentaje de cobertura bajo que implique

uno o dos contratos de futuros podría no tener viabilidad financiera si se tienen en cuenta los costos de transacción implícitos en este tipo de operaciones; en otras palabras, la ganancia de la cobertura financiera podría ser eliminada por los costos mencionados. En la misma línea, no se puede dejar de mencionar la carga administrativa, operativa y contable que conlleva ejecutar una política de cobertura con derivados.

8.3 Bloque 3. Operatividad del *roleo* mensual de futuros

La estrategia se implementa con los contratos estándar de maíz de CME Group, que vencen en los meses —marzo (H), mayo (K), julio (N), septiembre (U) y diciembre (Z)—, es decir, con una frecuencia aproximada bimestral.

Durante todo el período en que el contrato está listado, la Compañía puede abrir o cerrar posiciones cualquier día hábil y solo pierde esa flexibilidad cuando se alcanza la fecha límite de negociación definida por la bolsa. Dado que su consumo físico es mensual, no siempre el vencimiento del contrato coincide exactamente con el momento de compra del maíz; en estos casos, la cobertura se ajusta eligiendo el vencimiento más cercano que cubra la ventana de exposición esperada y, si es necesario, «roleando» la posición unos días antes o después, aceptando un margen de riesgo de base razonable.

De forma más sencilla, la operatividad de la cobertura puede entenderse así: al inicio de cada mes, la Compañía define cuántas toneladas de maíz desea cubrir (en este caso, 381 toneladas correspondiente a tres contratos de futuros) y, con su *broker*, abre una posición de compra en futuros en el vencimiento más cercano. Para ello deposita el margen inicial, que funciona como garantía, pero no es un costo definitivo.

Durante el mes, el precio del futuro va subiendo o bajando todos los días y la cámara de compensación realiza la valoración diaria, reconociendo ganancias o pérdidas sobre la posición abierta. Estos ajustes diarios se van acumulando y constituyen el *Profit & Loss* (P&L, ganancia o pérdida) del contrato. Al finalizar cada mes, la Compañía cierra la posición (toma la operación contraria sobre el mismo número de contratos, materializando el P&L acumulado) y, de inmediato, abre una nueva posición de acuerdo con el vencimiento más cercano, manteniendo así la cobertura activa para el siguiente mes.

El modelo recoge exactamente este flujo, toma el cambio de precio entre el valor final, y al inicio de mes lo multiplica por el número de contratos y lo convierte a pesos con la TRM correspondiente, que podría corresponder al *spot* o a un *forward* pactado, mostrando cómo el resultado financiero del futuro compensa, total o parcialmente, la variación del costo del maíz físico en cada mes.

8.4 Bloque 4. *Profit & Loss* y efecto sobre el costo del maíz

El P&L tiene como propósito cuantificar el efecto de la estrategia de cobertura sobre el costo del maíz para la Compañía. Cada mes se calcula primero el costo base sin cobertura, a partir del volumen de referencia en toneladas (550), el precio *spot* internacional en dólares estadounidenses por tonelada y la TRM vigente. Sobre esta cantidad se dimensiona la posición en derivados, es

decir, en futuros de CME Group, usando el número de contratos, el tamaño estándar y la variación del precio del futuro en el período expresada en pesos mediante la TRM y en *forwards* de TRM, comparando contra la variación de la tasa de cambio entre *spot* y contrato *forward*. Con estos ajustes financieros se obtiene el costo efectivo con cobertura de cada mes, que luego se agrega a nivel anual y se contrasta con la trayectoria sin cobertura, identificando el efecto de la estrategia de derivados sobre la estructura de costos del maíz a partir de una exposición económica originada en el consumo físico y gestionada mediante instrumentos financieros.

8.5 Bloque 5. Resultados del modelo a partir de un *backtesting*

En el recorrido histórico 2015-2025 se compararon cinco escenarios de gestión del riesgo (sin cobertura, coberturas solo maíz al 80% y 100%, solo TRM y cobertura dual 80% maíz + TRM), donde se buscaba calcular el precio del consumo mensual de la Compañía con base en el precio de referencia mensual del maíz negociado en CME Group (en este caso, el último día hábil de cada mes) y la TRM (usando el mismo supuesto de referencia mensual como el último día hábil de cada mes).

Asimismo, se planteó el esquema de *roleo* mensual de futuros y el respectivo cálculo de su P&L para choquear el costo sin cobertura y obtener el rellevo de la cobertura dentro del costo mensual de la Compañía. Es importante precisar que, para el esquema de *roleo* mensual de futuros se manejaron dos supuestos claves: i) que el precio al que se negociaba el futuro para abrir la posición larga o de compra correspondía al del último día hábil de cada mes negociado en CME Group; y ii) que el precio al cual se liquidaba o vendía el futuro para cerrar la posición era el del último día hábil del siguiente mes, y así sucesivamente.

Teniendo en cuenta lo anterior, la diferencia entre estos dos precios permitía obtener un P&L que, multiplicado por el número de contratos, el número de toneladas que estos representaban y la TRM de referencia mencionada, permitía obtener el ahorro o pérdida mensual a partir de la respectiva estrategia de cobertura usada para incorporarla al costo sin cobertura. Vale traer a colación que, dentro del modelo planteado no se incluyen costos de transacción tales como márgenes iniciales o márgenes de mantenimiento, entre otros. A manera de ejemplo, la Tabla 6 demuestra en que consiste la estrategia mencionada.

Tabla 6. Esquema de *roleo* mensual de futuros de maíz (mayo-agosto de 2025)

Parámetros	
1. Consumo total mensual (t)	550
2. Nivel de cobertura (%)	80%
3. Toneladas cubiertas (t)	440
4. Toneladas reales por 3 contratos	381
5. Toneladas por contrato CME	127
6. Número contratos CME	3,00
7. Bushel	39,37

Mes	A) Spot Maiz USD/Toneladas	B) TRM spot	C) TRM forward	D) Futuro inicio USD/Toneladas	E) Futuro fin USD/Toneladas	F) Exposición USD (A * 1.)	G) Costo sin cobertura COP (A * B * 1.)
Mayo 2025	174,80	4.106,79	4.198,83	187,20	174,80	\$ 96.142	\$ 394.833.115
Junio 2025	167,52	4.069,67	4.106,79	174,80	167,52	\$ 92.136	\$ 374.961.660
Julio 2025	162,89	4.179,69	4.069,67	167,52	162,89	\$ 89.591	\$ 374.464.096
Agosto 2025	162,20	4.025,51	4.179,69	162,89	162,20	\$ 89.212	\$ 359.125.489
Total 2025						\$ 367.081	\$ 1.503.384.360

Mes	H) Delta FX	I) P&L FX COP (F * H)	J) Delta Futuro USD/Toneladas (E - D)	K) P&L Fut COP (J * 6. * 7. * B)	L) Ahorro total COP (I + K)	M) Costo con cobertura COP (G - L)	N) Eficiencia (L / G)
Mayo 2025	-92,04	-\$ 8.848.867	- 12,40	-\$ 19.404.544	-\$ 28.253.411	\$ 423.086.526	-7,16%
Junio 2025	-37,12	-\$ 3.420.075	- 7,28	-\$ 11.293.312	-\$ 14.713.387	\$ 389.675.047	-3,92%
Julio 2025	110,02	\$ 9.856.841	- 4,63	-\$ 7.366.689	\$ 2.490.152	\$ 371.973.944	0,66%
Agosto 2025	-154,18	-\$ 13.754.771	- 0,69	-\$ 1.056.694	-\$ 14.811.465	\$ 373.936.954	-4,12%
Total 2025		-\$ 16.166.872	- 25,00	-\$ 39.121.239	-\$ 55.288.111	\$ 1.558.672.471	-3,68%

IMPACTO DE LA COBERTURA EN EL COSTO DURANTE MAYO - AGOSTO	\$ 55.288.111
--	---------------

Fuente: elaboración de los autores.

Con base en la información mensual de los precios internacionales del maíz y la TRM, y en el modelo histórico construido, la Tabla 7 muestra un resumen los resultados del período 2015-2025 para los cinco esquemas de cobertura analizados.

Tabla 7. Resumen los resultados del período 2015–2025 para los cinco esquemas de cobertura analizados

Escenario	Costo promedio mensual (millones COP)	Desviación estándar mensual (millones COP)	Variación en volatilidad frente a variación sin cobertura (%)	Ahorro / pérdida promedio frente a ahorro / pérdida sin cobertura (millones COP/mes)	Ahorro / pérdida promedio frente a ahorro / pérdida sin cobertura (%)
Sin cobertura	355,5	145,9	0,00%	0	0,00%
Cobertura maíz 80 %	355,6	146,3	0,27%	-0,09	-0,03%
Cobertura maíz 100 %	355,6	147,1	0,82%	-0,12	-0,03%
Cobertura TRM	355,5	145,4	-0,34%	0,01	0,00%
Cobertura dual 80 % + TRM	354,4	145,6	-0,20%	1,16	0,33%

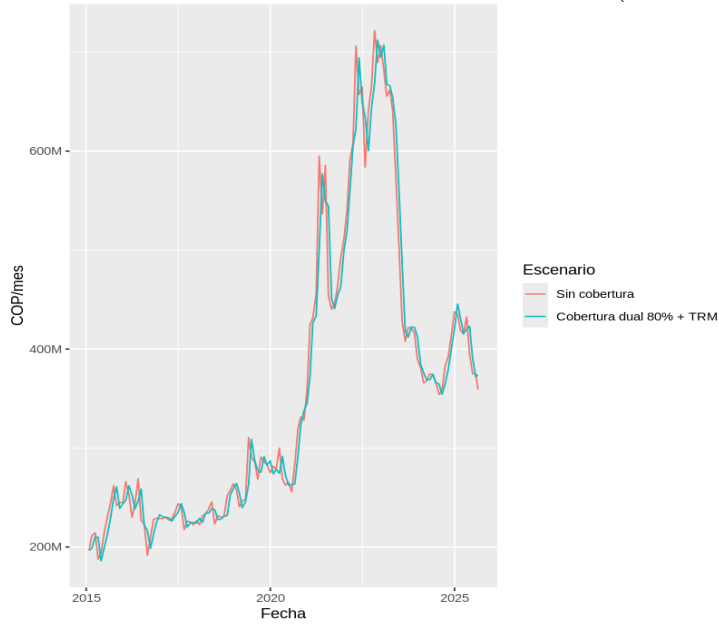
Nota. El escenario sin cobertura se toma como caso base para todas las medidas relativas (riesgo y ahorro). Los valores positivos en la columna de volatilidad indican mayor costo o mayor volatilidad que no cubrirse; y los valores negativos indican ahorros o menor volatilidad.

Fuente: elaboración de los autores.

A lo largo del tiempo, el costo mensual promedio sin cobertura fue de aproximadamente COP 355,5 MM, frente a COP 354,4 MM bajo la estrategia dual, lo que hubiera generado un ahorro

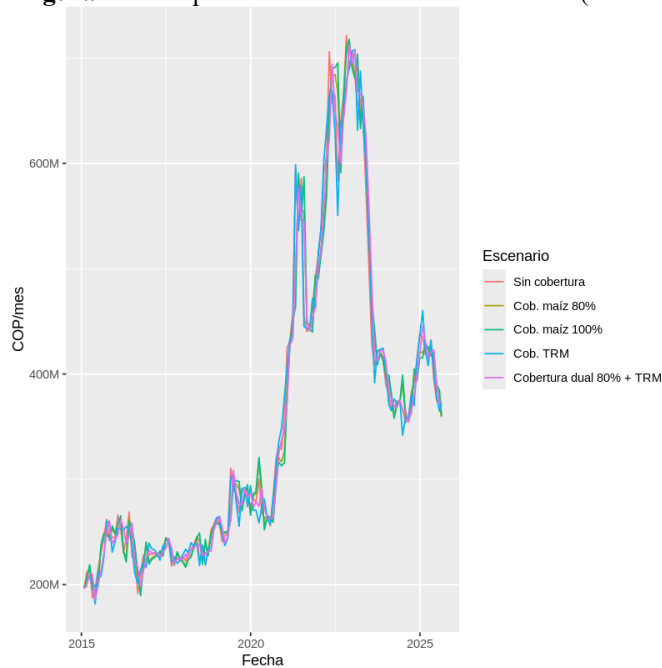
medio de alrededor de COP 1,16 MM por mes, equivalente a cerca del 0,33% del costo mensual promedio que se habría pagado sin cobertura. Las Figuras 10 y 11 retratan el resultado mensual del costo sin cobertura frente al costo con cobertura dual y, la comparación del resultado de todos los modelos de gestión del riesgo planteados, respectivamente.

Figura 10. Costo mensual sin cobertura frente a cobertura dual (Maíz 80% + TRM)



Fuente: elaboración de los autores.

Figura 11. Comparación de escenarios de cobertura (histórico)



Fuente: elaboración de los autores.

En términos de riesgo, la desviación estándar mensual del costo pasó de un nivel que puede tomarse como el 100% en el escenario sin cobertura a aproximadamente el 98,9% bajo la cobertura dual. Esto equivale a una reducción cercana al 0,17% respecto al nivel de riesgo original.

En términos acumulados, entre 2015 y 2025, la estrategia de cobertura dual habría generado un P&L positivo de alrededor de COP 148.739.254, equivalente a un ahorro aproximado del 0,33% frente al costo que se habría asumido sin cobertura. En contraste, al observar el año 2025 de manera aislada, el P&L de la cobertura dual habría sido negativo en COP -66.736.753 COP: un -2,08% respecto a comprar todo el maíz al precio *spot*.

La ventana de mayo a agosto de 2025, con un consumo físico de 550 toneladas mensuales y una cobertura cercana al 80% mediante tres contratos de futuros de CME Group, arroja un costo total del maíz sin cobertura de COP 1.503.384.360. Al aplicar la estrategia dual (cobertura del precio internacional del maíz con futuros de CME Group y fijación simultánea de la TRM a través de un *forward*), el costo efectivo del período aumenta a COP 1.558.672.471. La diferencia entre ambos escenarios corresponde a un P&L negativo de aproximadamente COP 55,3 MM, es decir, la Compañía habría pagado cerca de un 3,7% más que si hubiera comprado todo el maíz directamente al precio *spot*.

Este resultado muestra que, en esta ventana puntual de cuatro meses, la cobertura financiera no genera ahorros sino un costo adicional, porque la combinación de movimientos del precio del maíz y de la tasa de cambio favoreció al mercado *spot*. Sin embargo, el ejercicio es coherente con la lógica de gestión del riesgo, donde la Compañía renuncia a una parte de los posibles beneficios de escenarios favorables, como el de mayo-agosto de 2025, a cambio de reducir su exposición a episodios en los que el precio internacional del maíz y la TRM se muevan en contra y encarezcan significativamente el costo del alimento en pesos colombianos.

8.6 Bloque 6. Proyecciones 2026

Para proyectar el costo del maíz en un año futuro se simuló el año 2026 con el modelo GARCH sobre los retornos mensuales de su precio internacional y un remuestreo de los retornos de la TRM, calculando en cada trayectoria el costo anual con cobertura dual y sin ella (futuros de CME Group sobre el 80% del consumo y *forwards* sobre la TRM).

Las proyecciones de 2026 y las trayectorias simuladas a partir del modelo GARCH se ejecutaron en Google Colab mediante código en *R* asistido por ChatGPT (OpenAI, 2025), utilizado únicamente como soporte técnico; la interpretación y el análisis de los resultados fueron desarrollados por los autores.

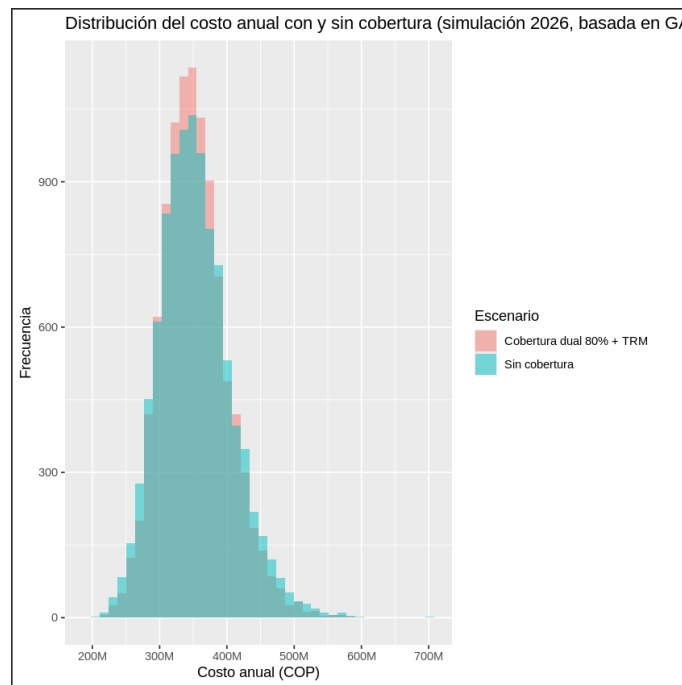
En promedio, el costo anual sin cobertura se ubica en COP 353,9 MM, mientras que con la estrategia dual desciende a COP 352,9 MM, lo que implica un P&L esperado cercano a COP 1,4 MM, equivalente a aproximadamente el 0,4% del costo que se habría asumido comprando todo al precio *spot*.

Donde la estrategia muestra un efecto más claro es en el riesgo, dado que la desviación estándar del costo anual pasa de COP 54,3 MM sin cobertura a COP 49,0 MM con cobertura, queriendo decir que podría existir una reducción de la volatilidad cercana al 9,8%. En términos de

distribución, la mediana del costo se mantiene prácticamente igual (COP 348,7 MM frente a COP 348,3 MM), pero el percentil 95 baja de COP 449,6 MM a COP 430,9 MM, y el peor escenario simulado se reduce de COP 702,1 MM a COP 655,5 MM, es decir, alrededor de COP 46,5 MM menos en el año más costoso.

En síntesis, la cobertura dual no altera de forma drástica el nivel esperado del costo, pero sí recorta la cola de escenarios extremos, ofreciéndole a la Compañía una protección razonable frente a años de precios y tipo de cambio particularmente adversos. Todo esto se ve reflejado en la Figura 12.

Figura 12. Distribución de las frecuencias de costos sin cobertura y con cobertura dual bajo los precios proyectados del maíz y de la TRM



Fuente: elaboración de los autores.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

El modelo de gestión del riesgo financiero aplicado a Avícola del Darién S.A. se convierte en una herramienta práctica para entender con datos cómo la volatilidad del precio internacional del maíz termina siendo decisiva para los costos de producción. A partir de información histórica de la Chicago Mercantile Exchange (CME Group) y de la TRM, el modelo muestra de manera sencilla pero puntual que cuando la Compañía usa derivados de forma ordenada y consistente puede estabilizar mejor su flujo de caja operativo y proteger un poco más la rentabilidad a largo plazo.

Desde la óptica de gestión del riesgo, el modelo muestra que la cobertura no implica dejar de estar expuesto, sino reconfigurar esa exposición haciendo que el costo del maíz sea menos volátil y más predecible en términos de flujo de caja, a cambio de sacrificar parte del beneficio potencial cuando el mercado *spot* se mueve a favor de la Compañía. En lugar de depender por completo de la volatilidad del precio *spot* del maíz y del dólar, la Compañía pasa a asumir el riesgo de un derivado que opera con márgenes de garantía manejables y con resultados mucho más predecibles. En otras palabras, no se trata de eliminar el riesgo, sino de transformarlo en algo que puede medir, seguir y gestionar. En conjunto, estos resultados muestran que, aunque en algunos años puntuales, la cobertura puede resultar más costosa que la exposición directa, en el horizonte agregado, la política dual sí genera un ahorro neto y reduce el riesgo de tener que pagar el maíz al precio *spot* en escenarios de precios y tipo de cambio adversos.

La evidencia histórica 2015-2025, la lectura específica de 2025 y de la ventana crítica mayo-agosto, así como la simulación prospectiva para 2026, apuntan en la misma dirección: la política de cobertura dual no garantiza que todos los años el costo del insumo sea inferior al escenario sin cobertura, e incluso en ciertos períodos puede resultar más costosa que comprar todo al *spot*. Sin embargo, en el horizonte agregado, la estrategia muestra ahorros moderados pero positivos y, sobre todo, una reducción del riesgo de enfrentar escenarios extremos de precio y tipo de cambio. Lo anterior toma relevancia, entendiendo que los sucesos pasados no determinan el futuro, es decir, que el modelo presenta viabilidad desde un ámbito financiero y de gestión del riesgo no solo en lo acontecido por parte del precio internacional del maíz, sino que aplica también para los diferentes escenarios futuros que se puedan presentar en esta materia prima y su impacto en el costo en la Compañía.

En este contexto, la comparación de escenarios respalda de manera concreta la decisión de estructurar una operación financiera de cobertura: cubrir el consumo físico del maíz mediante contratos de futuros de CME Group y, en paralelo, gestionar el riesgo cambiario asociado a esas compras sobre la TRM. Esta operación permite reducir de forma clara la volatilidad del costo del insumo en pesos, sin renunciar por completo a la posibilidad de aprovechar movimientos

favorables de precio o de tasa de cambio. En consecuencia, la política de cobertura del 80% maíz + TRM deja de ser una idea teórica y se consolida como una alternativa financieramente viable y coherente con la realidad operativa de la Compañía.

9.2 Recomendaciones

Dejar establecida una política de cobertura sobre el precio internacional de maíz en la que se defina de manera explícita el objetivo de estabilizar el costo del insumo en pesos y el porcentaje de cobertura más conveniente para la Compañía.

Formalizar el *roleo* o *rollover* mensual de contratos como una rutina de trabajo con fecha fija en el calendario, que incluya la revisión del consumo real de maíz, el cálculo de las toneladas por cubrir, el ajuste del número de contratos y el registro de cada operación realizada.

Planear y reservar un nivel mínimo de liquidez destinado a la atención de los márgenes de garantía asociados a las operaciones con futuros, de manera que los llamados de margen puedan atenderse sin afectar la operación corriente de la Compañía.

Implementar un control que permita comparar mensualmente el costo del maíz con cobertura y sin ella, la variación de la volatilidad y el resultado acumulado de los derivados, a fin de cuantificar si la cobertura está cumpliendo el propósito para el cual fue diseñada y, en casos puntuales, modificarla.

Referencias

- Adjemian, M. K., Garcia, P., Irwin, S. H., & Smith, A. (2013). *Non-convergence in domestic commodity futures markets: Causes, consequences, and remedies* (Economic Information Bulletin No. 115). United States Department of Agriculture, Economic Research Service. <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=43780>
- Arbeláez, M. A., & Ramírez, S. (2024, agosto). *Política comercial de la cadena productiva del maíz amarillo en Colombia*. Fedesarrollo. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/4669/Repor_Agosto_2024_Arbel%C3%A1ez_et%20al..pdf?isAllowed=y&sequence=1
- Bonato, M., Cepni, O., Gupta, R., & Pierdzioch, C. (2024). Financial stress and realized volatility: The case of agricultural commodities. *Research in International Business and Finance*, 71, s. pp. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102442>
- Chambi Condori, P. P. (2020). Derivados financieros y los efectos del fenómeno de El Niño en la rentabilidad de las empresas pesqueras y agroindustriales peruanas. *Economía & Negocios*, 2(1), 15-23. <https://doi.org/10.33326/27086062.2020.1.904>
- CME Group. (2008). *Materias primas. Guía de autoestudio sobre cobertura con futuros y opciones de granos y oleaginosas* [manual técnico]. https://www.cmegroup.com/trading/agricultural/files/AC216_GrainOilseed_Hedging_Guide_SPN.PDF
- CME Group. (s. f.-a). *Corn. Futures and options*. <https://www.cmegroup.com/markets/agriculture/grains/corn.quotes.html>
- CME Group. (s. f.-b). *Opciones sobre futuros: los puntos básicos*. <https://www.cmegroup.com/trading/files/options-on-futures-brochure-spn.pdf>
- Colombia, Banco de la República. (s. f.). *Tasa de cambio o tasa de cambio representativa del mercado (TRM)*. <https://www.banrep.gov.co/es/glosario/tasa-cambio-trm>
- Dhaene, G., Sercu, P., & Wu, J. (2022). Volatility spillovers in the global corn market: An application of multivariate GARCH models. *The Journal of Future Markets*, 42(5), 868-887. <https://doi.org/10.1002/fut.22312>
- Domínguez, K. M. E., & Tesar, L. L. (2006). Exchange rate exposure. *Journal of International Economics*, 68(1), 188-218. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022199605000346>
- Duarte Torres, S. A. (2025, 22 de octubre). Así impacta a los sectores avícola y porcino el maíz importado de Estados Unidos. *La República*. <https://www.larepublica.co/economia/asi-impacta-a-los-sectores-avicola-y-porcino-el-maiz-importado-de-estados-unidos-4253147>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya –Fenalce–. (2021). *Maíz para Colombia. Visión 2030*. <https://fenalce.co/maiz-para-colombia-vision-2030/>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya –Fenalce–. (2022, 20 de julio). *Plan para avanzar con maíz de producción local en la sustitución competitiva de importaciones hacia la autosuficiencia alimentaria (2023-2026)*. <https://fenalce.co/wp->

content/uploads/2022/08/PROPUESTA-GREMIAL-MAIZ-HAMBRE-EN-COLOMBIA-2022-1.pdf

- Federal Reserve Bank of St. Louis. (2025, 18 de julio). *Global price of Corn (PMAIZMTUSDM)*. <https://fred.stlouisfed.org/series/PMAIZMTUSDM>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15338867>
- Hull, J. C. (2015). *Risk management and financial institutions* (4.^a ed.). Wiley. <https://www.simonfoucher.com/MBA/FINA%20695%20-%20Risk%20Management/riskmanagementandfinancialinstitutions4theditionjohnhull-150518225205-lva1-app6892.pdf>
- Hull, J. C. (2018). *Options, futures and other derivatives* (9.^a ed.). Pearson.
- Investing.com. (s. f.). *Futuros maíz EE.UU. - Mar 2026 (ZCH6)*. <https://es.investing.com/commodities/us-corn-historical-data>
- D'Aleman, F., & Giraldo Sánchez, D. A. (2009). Aplicación de los modelos GARCH a la estimación del VaR de acciones colombianas. *Revista Soluciones de Posgrado*, 3, 11-24. <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/639>
- OpenAI. (2025). ChatGPT (versión GPT-5.1) [Modelo de lenguaje de inteligencia artificial]. <https://chat.openai.com/chat>
- Oviedo Velásquez, G. W., & Rojas Lara, J. A. (1999). Instrumentos financieros derivados: los contratos de futuros. *Ius et Veritas*, 9(18), 144-153. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/iusetveritas/article/view/15829>
- Rettinger, M., Mandl, C., & Minner, S. (2024). A data-driven approach for optimal operational and financial commodity hedging. *European Journal of Operational Research*, 316(1), 341-360. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.01.026>
- Reinhart, C. M., & Rogoff, K. S. (2004). *The modern history of exchange rate arrangements: A reinterpretation*. *Quarterly Journal of Economics*, 119(1), 1-48. <https://doi.org/10.1162/003355304772839605>
- USDA Foreign Agricultural Service. (2025, septiembre). Grain: World Markets and Trade. U.S. Corn Exports Forecast at Back-to-Back Records. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>

Apéndice

Cronograma de actividades 2025

ACTIVIDAD	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Recopilar precios históricos del maíz (CME Group)	X					
Descargar de la TRM histórica (Banco de la República)	X					
Recolectar datos internos de la Compañía		X				
Ajustar datos y series de tiempo		X	X			
Aplicar el modelo GARCH			X	X		
Interpretar los resultados de la volatilidad				X		
Identificar los derivados adecuados (contratos de futuros, opciones)					X	
Diseñar el modelo de gestión de riesgos (con cobertura y sin ella)					X	X
Realizar ajustes y validación con la Compañía y el asesor de tesis						X
Hacer la redacción final del capítulo del modelo seleccionado, sus resultados, las conclusiones y recomendaciones						X
Hacer ajustes y revisión general de todo el documento						X