Vigilada Mineducación

Gestión del riesgo de mercado para una empresa exportadora de ganado vivo en Colombia

Por

Juan Sebastián Cruz Romero

jscruzr@eafit.edu.co

Trabajo de campo

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Magíster en Administración Financiera

Asesor

Germán Adolfo Peña Higuavita, CFA, FRM

UNIVERSIDAD EAFIT

Medellín, 2023

Resumen

El mercado de ganado en pie en Colombia ha sufrido un cambio importante en su dinámica desde el año 2018, con el reavivamiento de las exportaciones, lo cual ha impactado en la volatilidad del costo de compra y ha generado incertidumbre sobre el flujo de caja de los exportadores, que cuentan solo con herramientas para cubrir su exposición al riesgo cambiario y a las tasas de interés. El presente artículo pretende formular una estrategia de cobertura cruzada, utilizando futuros sobre subyacentes, que guarden relación de equilibrio de largo plazo con la cotización del ganado en pie.

Palabras clave:

G13: Precios Contingentes; Precios de Futuros; Precios de Opciones

Q13: Mercados y Comercialización Agrícolas; Cooperativas; Agroindustria

D81: Criterios para la Toma de Decisiones bajo Riesgo e Incertidumbre

Abstract

The live cattle market in Colombia has experienced a shift in dynamics since 2018 with the resurgence of exports, impacting the volatility of purchasing costs. This volatility generates uncertainty in the cash flow of exporters, who have limited tools to hedge against exchange rate and interest rate risks. This article aims to evaluate different hedging alternatives used in other markets to develop a strategy that mitigates this risk. The analyzed tools include financial derivatives such as futures and options.

Key words:

G13: Contingent Pricing; Futures Pricing; Option Pricing

Q13: Agricultural Markets

D81: Criteria for Decision-Making under Risk and Uncertainty

Contenido

1. Introducción 5
2. Objetivos 6
2.1 Objetivo general 6
2.2 Objetivos específicos 6
3. Marco de referencia conceptual 6
4. Marco metodológico 14
4.1 Diseño de la investigación 14
4.2 Población y muestra 16
4.3 Datos cuantitativos 16
4.4 Datos cualitativos 16
4.5 Consideraciones éticas 17
4.6 Limitaciones del estudio 17
5. Resultados de la investigación 17
5.1 Resultados etapa 1 17
5.2 Resultados etapa 2 del análisis de co-integración 19
5.3 Regresión de vectores de corrección de errores 19
5.4 Resultados etapa 3 20
5.5 Resultados etapa 4 25
6. Conclusiones 28
Referencias bibliográficas 30

Lista de tablas

Tabla 1. Características de un contrato de futuros de ganado en pie en Brasil 7
Tabla 2. Live Cattle Futures - Contract Specs 8
Tabla 3. Resultados prueba de estacionariedad 18
Tabla 4. Resultados regresión por mínimos cuadrados ordinarios 18
Tabla 5. Resultados prueba de co-integración 19
Tabla 6. Resultado prueba de vectores de corrección de errores 19
Tabla 7. Resultados modelos de volatilidad ARCH y GARCH para los precios del ganado ... 21
Tabla 8. Modelo de volatilidad ARCH y GARCH de los futuros sobre soya 24
Tabla 9. Características de los futuros sobre soya en la CME 25
Tabla 10. Cálculo de la razón de cobertura que minimiza la varianza de la posición expuesta 27

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Reporte mensual del mercado de futuros de ganado en pie en Brasil 8
Ilustración 2. Live Cattle Futures – Volume & Open Interest 10
Ilustración 3. Evolución del precio de ganado en pie en Colombia 20
Ilustración 4. Correlograma de los residuos al cuadrado de los precios del ganado en pie . 22
Ilustración 5. Cotización de los futuros sobre soya en la CME 23
Ilustración 6. Correlograma de los residuos al cuadrado de los futuros de soya..... 25

1. Introducción

Con una participación del 23% de las exportaciones de ganado en pie, la compañía Inversiones Bonanza, se constituye como el tercer exportador más grande de Colombia, sumando un total de 80.756 animales exportados al cierre de 2022. La compañía tiene un modelo de operación mixto, en el que hace comercialización directa y maneja inventarios estáticos con una rotación de hasta 6 meses, este último alineado con los picos de demanda de los países de destino, que son Arabia Saudita, Jordania, Líbano, Egipto e Irak. La compañía mantiene una línea de proveedores que están ubicados principalmente en los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar y Magdalena y están clasificados por tamaño, desde pequeños hasta grandes productores. La compañía hace sus operaciones de exportación desde los puertos de Cartagena y Tolú.

La exposición al riesgo de mercado de la compañía, desde la óptica del activo, está representada en el riesgo cambiario, ya que las ventas están denominadas en dólares americanos y, por parte del pasivo, la compañía tiene exposición a riesgo de tasa de interés, IBR para los créditos denominados en moneda local y SOFR para los créditos denominados en moneda extranjera. Para estos dos tipos de riesgo, la compañía cuenta con una oferta de instrumentos de cobertura que le ofrece el sector bancario, sin embargo, por el lado del pasivo existe un tercer riesgo, y es el provocado por las fluctuaciones del precio del ganado en pie en Colombia, dado que en su estructura de costos, el ganado en pie representa aproximadamente un 85% del total de las ventas, la caja de la compañía es altamente sensible ante estas variaciones y actualmente no cuenta con una herramienta de cobertura que le permita mitigar el impacto del incremento en el costo de compra. Es importante precisar que estas exportaciones deben ser pactadas con mínimo un mes de anticipación, por lo que la exposición es crítica y amerita implementar una estrategia que estabilice el flujo de caja futuro, sin que la empresa pierda competitividad en el precio de venta frente a sus competidores locales e internacionales.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Esta investigación tiene como objetivo principal proponer a la empresa Inversiones Bonanza una estrategia de cobertura, que reduzca su exposición al riesgo de mercado, permitiéndole ser competitiva con respecto al precio de venta en el mercado internacional.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar productos correlacionados con los que se pueda establecer una cobertura cruzada.
- Modelar la volatilidad del precio de los futuros correlacionados, con el fin de proponer el cálculo de la razón de cobertura que minimiza la varianza de la posición expuesta.
- Calcular el índice de cobertura cruzada que minimiza la varianza de la posición en riesgo.

3. Marco de referencia conceptual

En la actualidad el mercado de exportación de ganado en pie tiene como principal competidor a Brasil, el cual, según Schroeder & Tonsor (2012, p. 7) tiene una participación del 20% en el comercio mundial, seguido por Australia, que representa un poco menos de ese 20%, en tercer lugar, se encuentra Estados Unidos con una participación del 14% y en cuarto lugar Nueva Zelanda con un 11%. Partiendo de esta información, se puede establecer que los exportadores colombianos llegan a un mercado altamente competitivo y desarrollado, donde los países participantes cuentan con instrumentos financieros para hacer coberturas directas del precio del ganado en pie. Para el caso de Brasil existe la "Bolsa de Mercadorias & Futuros" (BM&F), en la cual se ofrecen contratos futuros sobre ganado en pie con las siguientes características:

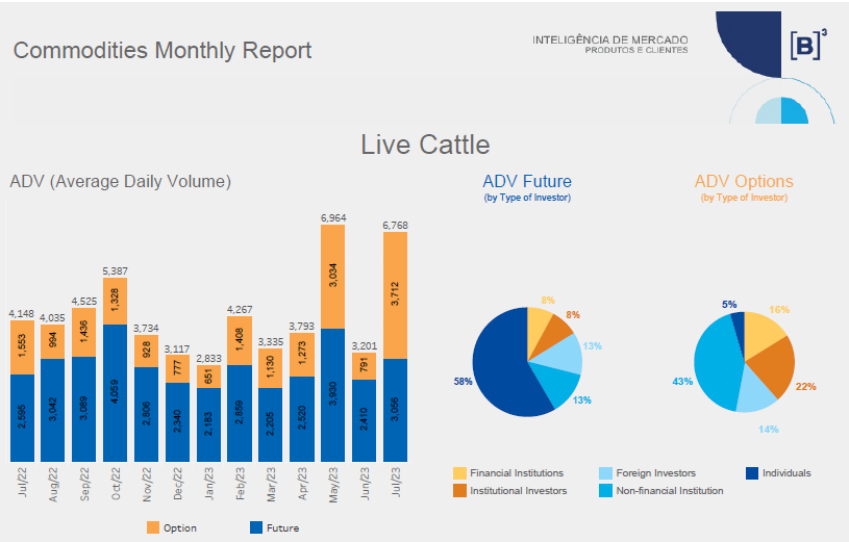
Tabla 1. Características de un contrato de futuros de ganado en pie en Brasil

Tasa de cambio	Benchmark calculado por B3 con liquidación a un día.
	Tasa de cambio libremente pactada entre las partes con cumplimiento delivery, como es provisto en la resolución 3,568 de 2008 de la national monetary council.
Subyacente	Machos con al menos 16 arrobas netas y una edad máxima de 42 meses.
Negociación y cumplimiento	El contrato es listado en mercado gestionado por B3 y su cumplimiento se hace a través de BM&FBOVESPA
Tamaño del contrato	330 arrobas netas.
Precio	Denominado en reales brasileños por arroba neta con dos decimales y excluyendo la contribución social.
Tamaño del cambio	Cinco centavos de real brasileño (BRL 0.05)
Meses	Todos los meses.
Fecha de expiración	Ultimo día del mes de maduración del contrato

Fuente: (Bolsa de Mercadorias & Futuros, BM&F, s.f..)

Según el informe publicado por la BM&F para el mes de Julio de 2023, el interés abierto de los derivados de ganado en pie fue de 6.768 contratos, de los cuales 3,056 fueron futuros y 3.712 opciones. En los contratos de futuros, el 58% de los participantes fueron inversionistas individuales y, en cuanto a las opciones, la mayor parte de los inversionistas fueron instituciones no financieras con una participación del 23% ("Live Cattle Jul 23", 2023).

Ilustración 1. Reporte mensual del mercado de futuros de ganado en pie en Brasil



Fuente: ("Live Cattle Jul 23", 2023).

Otro de los principales mercados donde se negocia con derivados, cuyo subyacente es el ganado en pie, es Chicago Mercantile Exchange, CME Group, el cual presenta las siguientes características para negociación de futuros:

Tabla 2. Live Cattle Futures - Contract Specs

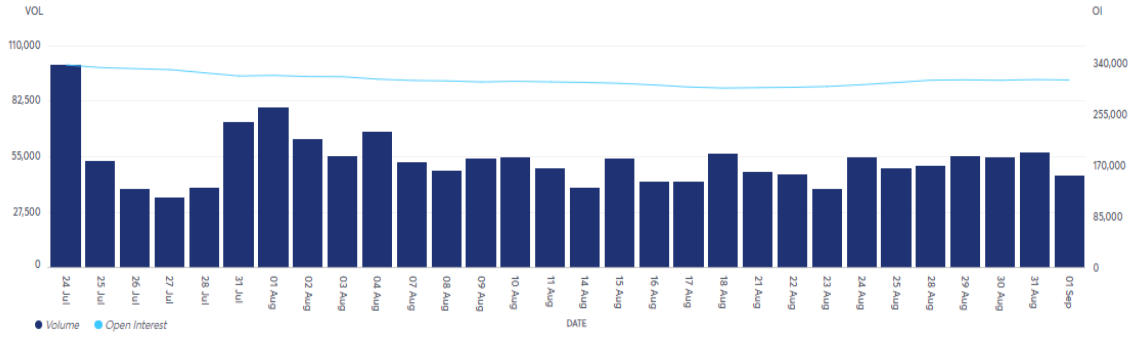
CONTRACT UNIT	40,000 pounds (~18 metric tons)
PRICE QUOTATION	U.S. cents per pound
TRADING HOURS	CME Globex:
	Monday - Friday: 8:30 a.m. - 1:05 p.m. CT
	TAS: Monday - Friday 8:30 a.m. - 1:00 p.m. CT (9:30 a.m - 2:00 p.m. ET)
	CME ClearPort:
	Sunday 5:00 p.m. - Friday 5:45 p.m. CT with no reporting Monday - Thursday from 5:45 p.m. - 6:00 p.m. CT
MINIMUM PRICE FLUCTUATION	0.00025 per pound = $10.00
	TAS: Zero or +/- 4 ticks in the minimum tick increment of the outright
PRODUCT CODE	CME Globex: LE
	CME ClearPort: 48
	Clearing: 48

	TAS: LET
LISTED CONTRACTS	Monthly contracts of (Feb, Apr, Jun, Aug, Oct, Dec) listed for 9 months
SETTLEMENT METHOD	Deliverable
TERMINATION OF TRADING	Trading terminates at 12:00 Noon CT on the last business day of the contract month.
TAM OR TAS RULES	Trading at Settlement (TAS) is subject to the requirements of Rule 524.A. TAS trades off a "Base Price" of zero (equal to the daily settlement price) to create a differential versus the daily settlement price in the underlying futures contract month. The TAS clearing price equals the daily settlement price of the underlying futures contract month plus or minus the TAS transaction price.
	TAS Table
SETTLEMENT PROCEDURES	Live Cattle Settlement Procedures
POSITION LIMITS	CME Position Limits
EXCHANGE RULEBOOK	CME 101
BLOCK MINIMUM	Block Minimum Thresholds
PRICE LIMIT OR CIRCUIT	Price Limits
VENDOR CODES	Quote Vendor Symbols Listing

Fuente: (Chicago Mercantile Exchange, 2023).

A continuación, se presenta el interés abierto y el volumen negociado en la CME con corte al 01 de septiembre de 2023.

Ilustración 2. Live Cattle Futures – Volume & Open Interest



Fuente: (Chicago Mercantile Exchange, 2023).

Como se puede observar en la anterior gráfica, el volumen negociado en la CME es significativamente mayor al volumen que se negocia en el mercado brasileño, con un monto total de 45.331 contratos negociados al cierre del primero de septiembre de 2023, registrando así un interés abierto de 313.355 contratos.

Para el caso del mercado colombiano no se cuenta con una oferta de derivados, que permita hacer una cobertura directa del riesgo de mercado del precio de ganado en pie. Por lo tanto, esta investigación pretende explorar alternativas que permitan reducir la incertidumbre sobre el flujo de caja de un exportador de este *commodity*, a pesar de estas limitaciones del mercado. Para lograr este objetivo de mitigar la exposición a la volatilidad de precios de un mercado, es necesario definir en primer lugar lo que es una cobertura ideal. Gum & Wildermuth (s.f., p. 106) definen una cobertura ideal como aquella que reduce la variabilidad del precio a cero, esta visión la plantean en un contexto de contratos futuros, con modalidad de liquidación "non delivery", teniendo en cuenta los costos de transacción. Al momento inicial las variables que no se conocen son el precio de compra futuro, con el cual liquida el derivado y, el precio de venta del ganado en el mercado real, que debería ser igual al precio futuro, para que la cobertura lleve a cero la variabilidad del precio. Frente a esto, Gum & Wildermuth (s.f., p. 107) plantean dos problemas en su investigación, el primero es que a mayor plazo existe mayor incertidumbre sobre las condiciones o calidad de entrega del ganado. El segundo es que los autores compararon la variabilidad del spread entre el precio spot y el precio futuro

de los 5 mercados de futuros de ganado en pie más grades en Estados Unidos. El resultado indica que la variabilidad tiende a cero, sin embargo, falta más información sobre las diferencias en términos de logística, lo cual puede incidir en las condiciones de entrega de los animales. Esta relación del spread de precios, demostró una estacionalidad significativa para los meses de noviembre, marzo y julio. Con respecto a las experiencias con problemas en los términos de entrega, Newsome et al.(2004) hicieron una revisión sobre los cambios que tuvieron los contratos futuros en la Chicago Mercantile Exchange en el año 1995. Anteriormente la entrega se hacía en la planta de procesamiento (Frigorífico) con un agente de la USDA como garante externo, sin embargo, dado el incremento en el volumen de las operaciones, esta figura de garante se quedó obsoleta y fue entonces cuando se propuso un cambio en los términos de entrega, migrando a un sistema que resolviera el problema para determinar la calidad del ganado en la entrega. La evidencia empírica analizada por los autores sugiere, por un lado, que no hubo información estadísticamente significativa para determinar un efecto sobre la volatilidad y, por otro lado, encontraron que estas decisiones incrementaron la cantidad de compradores del mercado.

Otro de los factores que incide en la eficacia de las coberturas con contratos futuros es el tipo de agente que interviene en el mercado y la racionalidad de sus decisiones. Con respecto a este tema, De Jong et al. (2022, p. 188) mencionan dos tipos de agentes sobre los cuales es importante tener en cuenta sus expectativas: productores y especuladores. Los autores concluyen que cuando los productores tienen expectativas de precios futuros altos, incrementan la producción y presionan el precio de contado a la baja, y cuando los especuladores esperan un aumento en el precio futuro, se produce un incremento en el nivel de almacenamiento, lo cual aumenta el precio de contado y, de igual manera, concluyen que este efecto depende en gran medida del grado de acoplamiento entre los precios de contado y a plazo, el cual a su vez, se encuentra estrechamente relacionado con el costo de almacenamiento. Frente a este planteamiento Schroeder et al. (2019, p. 4) concluyen que el mercado de futuros y de contado es co-dependiente y, por lo tanto, la información fundamental se ve reflejada en ambos sentidos, futuros a efectivo y efectivo a futuros.

Otro enfoque en el estudio de las coberturas de precios de *commodities*, se ha encargado de analizar la ratio óptimo de cobertura; sobre este tema Białkowski et al.(2023) hacen una

recopilación sobre investigaciones previas, que han llevado a determinar rangos de cobertura que se aproximan a lo que podría ser una ratio óptimo. Los autores hacen referencia a la utilización de un rango entre el 60% y el 167%, sin embargo, la comisión de bolsa en Estados Unidos (SEC), se pronunció al respecto, recortando el rango para llevarlo a un 80%-125%, siendo este un rango comúnmente aceptado, pero no se deja como oficial al no haber un respaldo técnico que lo soporte con evidencia empírica, pero indican que las firmas pueden interpretar tanto el R cuadrado como la pendiente de una regresión, como medidas de efectividad de cobertura. En su artículo, Bialkowski et al. (20239 elaboran una revisión empírica de esta ratio óptimo, sobre la cual concluyen, por un lado, que para los bienes básicos la ratio puede estar entre 60% y 120% y, por otro lado, indican que los coeficientes cobertura para productos básicos pueden cambiar en función de las características propias de los datos.

Frente a esta discusión sobre la ratio óptimo de cobertura surge la necesidad de encontrar un método cuantitativo, que permita medir la efectividad de una cobertura; sobre esto FINCAD (s.f.) propone dos caminos para la validación de la eficacia de las coberturas, por un lado, emplea dos métodos cualitativos que define de la siguiente manera:

Método CTM: El cual consiste en validar que los parámetros críticos del activo a cubrir coincidan con los parámetros críticos del contrato de cobertura, sin embargo, esta metodología no es del todo aceptada por las normas internacionales de cobertura.

Método SC: Este método indica un conjunto de parámetros prescritos a cubrir, para medir la efectividad de una cobertura, sin embargo, este método no es aceptado bajo la norma internacional.

Por otra parte, en su *paper* FINCAD (s.f.) presenta los siguientes métodos cuantitativos:

The Dollar Offset

Este método se basa en el rango comúnmente aceptado 80%-125%, donde el rango es negativo y se considera como índice de compensación, se emplea en prospectiva bajo simulación de escenarios, para validar lo que pasa con la cobertura ante cambios en diferentes variables que afectan la operación.

Análisis de regresión

Este método consiste en realizar una regresión entre los flujos de efectivo futuros esperados, tanto del derivado como del subyacente para luego evaluar la bondad de ajuste, es decir, observar la correlación que existe entre los efectos resultantes, tanto del derivado como del subyacente, en términos de la afectación al flujo de caja de una compañía.

Riesgo de liquidez

Partiendo de la discusión previa, se presta especial atención sobre el riesgo implícito en la variación del precio y cómo este puede afectar la caja del exportador y la demanda del mercado. Sobre este tema Bina et al. (2018) proponen medir el riesgo a partir del cálculo de la volatilidad implícita, con el que se determina el precio de las opciones sobre futuros, empleando cinco variables del modelo Black and Scholes y Merton: "1) El precio del subyacente (en este caso el precio del ganado en pie), 2) precio de ejercicio, 3) plazo al vencimiento, 4) tasa de interés y 5) la volatilidad" (p. 1); esto abre las puertas a un enfoque de riesgo de liquidez, sin embargo, el mercado colombiano tiene limitantes de profundidad, estandarización y formalización del sector ganadero. Surge entonces la pregunta sobre la validez del modelo propuesto por Black-Schooles para valorar las opciones sobre futuros de activos subyacentes agrícolas, sobre esto Choi & Longstaff (1985, p. 4) plantean que carece de eficacia, debido a una violación del supuesto de homocedasticidad, dado que los retornos de los activos agrícolas se ven afectados por el nivel de producción y el ciclo de consumo, lo cual genera estacionalidad. Partiendo de lo anterior, los autores proponen el modelo CEV como alternativa para la valoración de opciones y cálculo de la volatilidad implícita. En su investigación Choi & Longstaff (1985, p. 6) demuestran la estacionariedad de los retornos para el mercado de la soya y encuentran una significancia estadística del 99% sobre la relación entre volatilidad y precio, cuya fuerza de enlace depende del coeficiente de elasticidad, lo cual cumple con los supuestos del modelo CEV. Frente a este estudio los autores dejan la puerta abierta para la investigación con otros activos subyacentes, como el ganado en pie (para el caso de esta investigación), sobre lo cual sugieren iniciar desde la descripción de la forma funcional de los retornos, para determinar si existe o no estacionalidad.

Al revisar el contexto colombiano, se encuentra con una oferta nula de productos de cobertura para *commodities*, sin embargo, esta investigación pretende explorar las coberturas cruzadas

como alternativa de cobertura, que Rico et al. (s.f.) definieron como "una estrategia que permite minimizar la exposición al riesgo, a partir de la asociación de dos productos cuyos precios están estrecha y significativamente correlacionados. Por lo general, se habla de cobertura cruzada cuando se busca cubrir el riesgo de precio sobre un *commodity,* un activo o un producto financiero, el cual no tiene contratos de futuros o cualquier otro tipo de derivado directo sobre este mercado" (p. 2).

4. Marco metodológico

4.1 Diseño de la investigación

Para alcanzar los objetivos establecidos para esta investigación, se seguirá un enfoque metodológico mixto, con el cual se pretende combinar métodos cuantitativos y cualitativos. Esto con el objetivo de lograr una visión holística de la problemática y la evaluación de estrategias de cobertura para el mercado de exportación de ganado en pie, con origen desde Colombia. Para esto se va a implementar un diseño experimental por etapas, distribuido de la siguiente manera:

Primera etapa: Para iniciar, se propone hacer un análisis de estacionariedad de los retornos del precio del ganado en pie, así como también de activos que guardan relación causal con este *commodity,* como los futuros de ganado en pie de Estados Unidos, futuros de ganado en pie de Brasil, futuros del maíz, futuros de trigo, futuros de la soya, que cotizan en la Chicago Mercantile Exchange de Estados Unidos, y la tasa de cambio del dólar en Colombia, tomando como año base el 2018 y empleando la prueba de Dickey-Fuller. Esta es una prueba estadística utilizada para determinar si una serie temporal es estacionaria o no estacionaria. La hipótesis nula en la prueba de Dickey-Fuller es que la serie temporal tiene una raíz unitaria, lo que significa que no es estacionaria. La hipótesis alternativa es que la serie es estacionaria. La prueba compara estadísticas de la prueba con valores críticos para determinar si se puede rechazar la hipótesis nula.

El resultado se interpreta de la siguiente manera:

- Si el valor p es menor que un nivel de significancia predefinido (por ejemplo, 0.05), se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que la serie es estacionaria.
- Si el valor p es mayor que el nivel de significancia, no se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que la serie no es estacionaria.

Segunda etapa: Se procederá a someter las series de tiempo de los activos seleccionados a una regresión, para explicar su relación con el precio del ganado en pie en Colombia, esto con el fin en entender la dinámica entre estas series y comprender si es necesario realizar una transformación de las series, para posteriormente aplicar un análisis de co-integración empleando la técnica de Engle-Granger; este análisis es una técnica utilizada en econometría y análisis de series temporales, con el fin de investigar las relaciones a largo plazo entre dos o más series temporales que están relacionadas, pero pueden mostrar movimientos a corto plazo independientes. El concepto principal detrás del análisis de co-integración es que, aunque las series pueden mostrar diferencias o divergencias en el corto plazo, existe una relación a largo plazo que las une de alguna manera.

Partiendo de la prueba de estacionariedad planteada en la etapa uno, se procederá a realizar una regresión entre los retornos del precio del ganado en pie en Colombia, los futuros de ganado en pie de Estados Unidos, futuros de ganado en pie de Brasil, futuros del maíz, futuros de trigo, futuros de la soya y la tasa de cambio del dólar en Colombia.

Una vez realizadas las pruebas de estacionariedad y de co-integración, se procede a realizar Vectores de Corrección de Errores (VEC), para modelar estas relaciones de manera más detallada y entender cómo se afectan mutuamente a lo largo del tiempo.

Tercera etapa: En esta etapa se busca analizar la volatilidad de los activos seleccionados para el estudio, empleando el método ARCH y GARCH, con el objetivo de modelar la volatilidad e identificar cómo cambia esta volatilidad en el tiempo, en función de la información pasada, lo cual es especialmente útil para predecir la volatilidad futura de los activos y así medir el riesgo de cada uno. Los modelos de volatilidad se basan en la idea de que se modelan la media y la varianza condicionales simultáneamente, es decir, se plantea un modelo de regresión para la media condicional y también un mecanismo que controla la evolución de los errores, que es una medida de la varianza condicional; en términos estadísticos, un proceso GARCH busca modelar la volatilidad de la varianza, debido a que esta

presenta heteroscedasticidad a lo largo del tiempo. El beneficio de estos modelos está en encontrar la ecuación que mejor describa la volatilidad de una serie de tiempo.

Cuarta etapa: En esta etapa se pretende determinar el coeficiente de cobertura óptimo, utilizando los contratos de derivados con subyacentes, que cumpla con los criterios de correlación y co-integración, basados en la propuesta metodológica de Białkowski et al. (2023, p. 2) y testeándolos a partir del método cuantitativo propuesto por FINCAD (s.f., p. 4).

Quinta etapa: Esta etapa se destina al análisis de resultados y a las conclusiones a partir de los hallazgos encontrados.

4.2 Población y muestra

La población de interés en esta investigación está compuesta por empresas exportadoras de ganado en pie en Colombia, con un enfoque particular en Inversiones Bonanza y, dado que la población es limitada en número, se realizará un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando a Inversiones Bonanza como caso de estudio principal. Además, se tomará como muestra las series de tiempo de los futuros sobre precio de compra spot del ganado en pie en Colombia, los precios de referencia para el ganado de Brasil, Estados Unidos, Uruguay, Australia, los futuros sobre maíz, soya, clima y de la tasa de cambio del peso colombiano frente al dólar estadounidense, en un rango temporal ubicado entre enero de 2018 y junio de 2023.

4.3 Datos cuantitativos

Para medir la volatilidad implícita en el precio del mercado de ganado en pie en Colombia y en las opciones sobre futuros en mercados internacionales de ganado, soya, maíz y clima, se recopilarán datos históricos en el rango anteriormente especificado. Estos datos se obtendrán de fuentes públicas y bases de datos financieras, como Bloomberg, Reuters y fuentes gubernamentales.

4.4 Datos cualitativos

Se realizarán entrevistas en profundidad con expertos de la industria ganadera y representantes de Inversiones Bonanza, para obtener información cualitativa sobre las condiciones del mercado, la percepción del riesgo y las estrategias utilizadas.

4.5 Consideraciones éticas

Esta investigación se llevará a cabo cumpliendo con los principios éticos de la investigación científica, incluyendo la confidencialidad de los datos y el consentimiento informado de los participantes en las entrevistas.

4.6 Limitaciones del estudio

Es importante destacar que esta investigación tiene limitaciones relacionadas con la disponibilidad de datos históricos y la falta de instrumentos financieros específicos, para la cobertura del ganado en pie en el mercado colombiano. Estas limitaciones pueden afectar la precisión de los resultados.

5. Resultados de la investigación

5.1 Resultados etapa 1

En el desarrollo de esta etapa se tiene como objetivo determinar si las series de tiempo de los precios del ganado en pie en Colombia, futuros de ganado en pie de Estados Unidos, futuros de ganado en pie de Brasil, futuros de maíz, futuros de soya, futuros de trigo y tasa de cambio del dólar americano en Colombia son estacionarias o, si por el contrario, estas series deben transformarse, de modo que se separe su componente tendencial de su componente estacionario, para poder hacer pruebas de co-integración. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada serie.

Tabla 3. Resultados prueba de estacionariedad

Prueba ADF	Ganado	Live Cattle Futures	Live Cattle Bovespa	Corn Futures	Wheat Futures	Soybean Futures	USD.COP
(Diferenciación 0):							
Estadístico ADF	- 1,32	- 2,52	- 0,53	- 1,21	- 1,18	- 1,48	- 1,28
Valor p	0,62	0,11	0,89	0,67	0,68	0,54	0,64
Cantidad de lags utilizados	9	9	9	9	9	9	9
Valores críticos							
1%	-3,55	-3,55	-3,55	-3,55	-3,55	-3,55	-3,57
5%:	-2,91	-2,91	-2,91	-2,91	-2,91	-2,91	-2,92
10%	-2,59	-2,59	-2,59	-2,59	-2,59	-2,59	-2,60
(Diferenciación 1):							
Estadístico ADF	- 5,35	- 8,04	- 8,10	- 8,02	- 8,18	- 6,82	- 4,81
Valor p	4,22E-06	1,83E-12	1,34E-12	2,13E-12	8,19E-13	2,05E-09	5,17E-05
Cantidad de lags utilizados	9	9	9	9	9	9	9
Valores críticos:							
1%	-3,55	-3,55	-3,55	-3,55	-3,55	-3,55	-3,57
5%:	-2,91	-2,91	-2,91	-2,91	-2,91	-2,91	-2,92
10%	-2,59	-2,59	-2,59	-2,59	-2,59	-2,59	-2,60

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

A continuación, se procede a realizar la regresión por mínimos cuadrados ordinarios, con el objetivo de estudiar la relación entre las series en su versión estacionaria con el precio del ganado como variable dependiente, donde además se incluye una prueba ADF sobre los errores de cada regresión, para identificar posibles relaciones de largo plazo.

Tabla 4. Resultados regresión por mínimos cuadrados ordinarios

MCO Regression Results Dep. Variable: Ganado	Live Cattle Futures	Live Cattle Bovespa	Corn Futures	Wheat Futures	Soybean Futures	USD.COP
No. Observations:	59	59	59	59	59	59
Df Residuals:	57	57	57	57	57	57
Df Model:	1	1	1	1	1	1
R-squared:	0,02	0,852	0,78	0,813	0,671	0,362
Adj. R-squared:	0,003	0,85	0,776	0,81	0,665	0,351
F-statistic:	1.152	329,1	202,2	248,1	116,4	32,35
Prob (F-statistic):	0,288	2,39E-25	2,14E-20	1,99E-22	2,17E-15	4,64E-07
Log-Likelihood:	-471,9	-416,05	-427,81	-422,99	-439,67	-459,23
AIC:	947,8	836,1	859,6	850	883,3	922,5
BIC:	951,9	840,3	863,8	854,1	887,5	926,6
Coef	0,1531	5,173	4,635	4,734	3,879	2,261
Std error	0,143	0,285	0,326	0,301	0,36	0,398
t	1.073	18.140	14.218	15.752	10.788	5.688
P>|t|	0,288	0	0	0	0	0
0.025	-0,133	4.602	3.982	4.132	3.159	1.465
0.975	0,439	5.744	5.288	5.336	4.599	3.058
Omnibus	106.005	2.676	3.340	11.458	3.518	44.588
Prob (omnibus):	0	0,262	0,188	0,003	0,172	0
Skew	5.407	-0,175	-0,243	-0,895	0,312	1.878
Kurtosis	4	3.828	3.933	4.287	3.855	12.464
Durbin-watson	0,992	1.321	1.914	2.137	1.747	1.358
Jarque-Bera	3.290,17	1.989	2.718	11.942	2.751	254.874
Prob JB	0	0,37	140	0,00255	0,253	4,52E-56
Estadístico ADF:	-1,47	-5,26	-7,16	-8,04	-6,51	-4,60
P-valor:	0,55	6,77E+09	3,07E-10	1,91E-12	1,08E+08	1,30E-04

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

5.2 Resultados etapa 2 del análisis de co-integración

Partiendo de los resultados de las pruebas de estacionariedad, se procede a hacer las pruebas de co-integración, bajo el modelo Engle-Granger entre el precio del ganado en pie en Colombia y los futuros de ganado en pie de Estados Unidos, futuros del maíz, futuros de trigo, futuros de la soya y la tasa de cambio del dólar en Colombia, con el fin de determinar relaciones de largo plazo. Esta prueba arrojó los siguientes resultados:

Tabla 5. Resultados prueba de co-integración

Resultados de la Prueba de Cointegración de Engle-Granger:	Live Cattle Futures	Live Cattle Bovespa	Corn Futures	Wheat Futures	Soybean Futures	USD.COP
Estadístico de prueba:	-2,09	-5,30	-7,22	-8,11	-6,59	-4,69
Valor crítico al 1%:	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10	-4,10
Valor crítico al 5%:	-3,44	-3,44	-3,44	-3,44	-3,44	-3,44
Valor crítico al 10%:	-3,12	-3,12	-3,12	-3,12	-3,12	-3,12
P-valor:	0,48	4,41E-05	2,52E-09	1,60E-11	7,91E-08	5,94E-04
Existe cointegración?	No	Si	Si	Si	Si	Si

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

5.3 Regresión de vectores de corrección de errores

Para profundizar en el análisis, se realizó una medición de regresión de Vectores de Corrección de Errores (VEC), para modelar estas relaciones de manera más detallada y entender cómo se afectan mutuamente a lo largo del tiempo.

Tabla 6. Resultado prueba de vectores de corrección de errores

Resultados de la prueba VEC	Live Cattle Futures	Live Cattle Bovespa	Corn Futures	Wheat Futures	Soybean Futures	USD.COP
Beta	-3,02	-7,77	-6,16	-6,78	-5,17	-5,68
Error estandar	0,38	3,17	0,93	0.806	0,71	0,79
Z	-7,91	-2,45	-6,62	-8,42	-7,26	-7,23
P>|Z|	0,00	0,014	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

En general, se observa que la relación de largo plazo que mantienen las series con respecto al precio del ganado en pie es inversa, es decir que, ante un aumento en el precio de los futuros analizados, el precio del ganado en pie va a presentar una disminución. Las series presentan un Z alto con un alto nivel de significancia estadístico, sin embargo, se descartan los futuros de ganado en pie, dado que no superó la prueba Eangle-Grander de co-integración

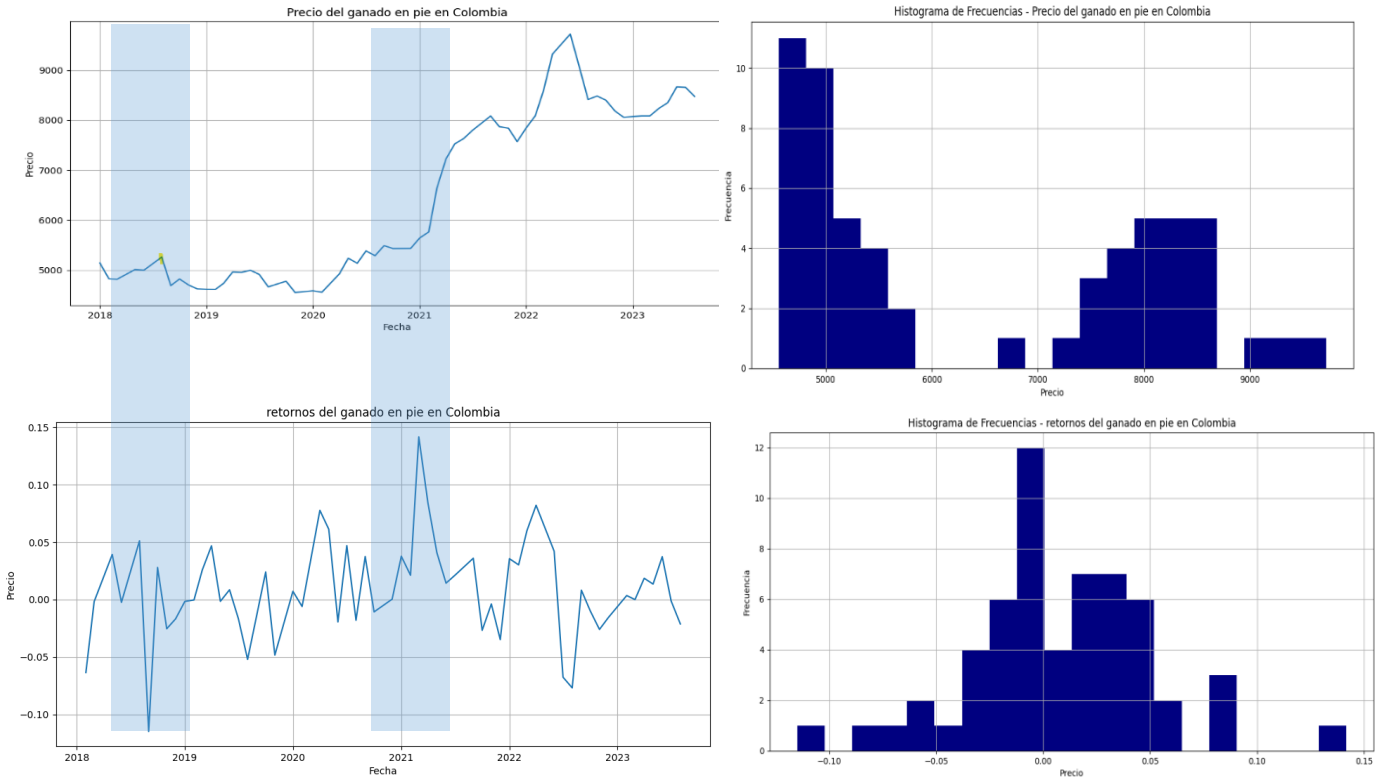
y, por el contrario, se opta por los futuros de soya como primera opción para realizar la cobertura cruzada, ya que es la serie que presenta un menor error estándar.

5.4 Resultados etapa 3

Partiendo de los resultados obtenidos en las etapas previas de la investigación, donde se encontró significancia estadística en la relación de largo plazo, que guarda el precio del ganado en Colombia y la cotización de futuros sobre la soya que cotizan en la bolsa de valores de Estados Unidos, se procede con la modelación de la volatilidad, empleando modelos ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) y GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), con el fin de encontrar la ecuación que mejor describe la volatilidad de cada serie a lo largo del tiempo.

5.4.1 Precio del ganado en pie

Ilustración 3. Evolución del precio de ganado en pie en Colombia



Fuente: (Fedegán, cálculos propios, 2023).

El comportamiento del precio del ganado en pie presenta una clara tendencia alcista en el

periodo de estudio, pasando de $4.890 pesos por kg en promedio para el año 2018, a un máximo de 9.700 pesos para el año 2021, coincidiendo con el desarrollo de la tercera etapa de las exportaciones de ganado colombiano. Esta tendencia alcista se puede observar de igual forma en el histograma de frecuencias, el cual muestra un sesgo positivo, pues se puede observar que hay indicios de asimetría en la volatilidad, debido a que en los periodos en que los retornos fueron negativos, el precio de cotización cayó en menor medida, que cuando se presentaron picos de volatilidad positiva.

Tabla 7. Resultados modelos de volatilidad ARCH y GARCH para los precios del ganado

```
                     Constant Mean - GARCH Model Results
==============================================================================
Dep. Variable:                 Ganado   R-squared:                       0.000
Mean Model:             Constant Mean   Adj. R-squared:                  0.000
Vol Model:                      GARCH   Log-Likelihood:                102.354
Distribution:                  Normal   AIC:                          -196.708
Method:            Maximum Likelihood   BIC:                          -188.466
                                        No. Observations:                   58
Date:                Tue, Oct 10 2023   Df Residuals:                       57
Time:                        17:05:30   Df Model:                            1
                                 Mean Model
============================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|       95.0% Conf. Int.
----------------------------------------------------------------------------
mu         2.1385e-03  6.483e-03      0.330      0.741 [-1.057e-02,1.484e-02]
                              Volatility Model
============================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|      95.0% Conf. Int.
----------------------------------------------------------------------------
omega      1.2528e-03  4.333e-04      2.891  3.840e-03 [4.035e-04,2.102e-03]
alpha[1]       0.3639      0.340      1.070      0.285     [ -0.303,  1.031]
beta[1]        0.0000      0.174      0.000      1.000     [ -0.341,  0.341]
============================================================================
                      Constant Mean - ARCH Model Results
==============================================================================
Dep. Variable:                 Ganado   R-squared:                       0.000
Mean Model:             Constant Mean   Adj. R-squared:                  0.000
Vol Model:                       ARCH   Log-Likelihood:                102.354
Distribution:                  Normal   AIC:                          -198.708
Method:            Maximum Likelihood   BIC:                          -192.526
                                        No. Observations:                   58
Date:                Wed, Oct 11 2023   Df Residuals:                       57
Time:                        11:28:01   Df Model:                            1
                                 Mean Model
============================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|       95.0% Conf. Int.
----------------------------------------------------------------------------
mu         2.1383e-03  6.503e-03      0.329      0.742 [-1.061e-02,1.488e-02]
                              Volatility Model
============================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|      95.0% Conf. Int.
----------------------------------------------------------------------------
omega      1.2527e-03  3.597e-04      3.483  4.963e-04 [5.477e-04,1.958e-03]
alpha[1]       0.3640      0.325      1.119      0.263     [ -0.273,  1.002]
============================================================================
```

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

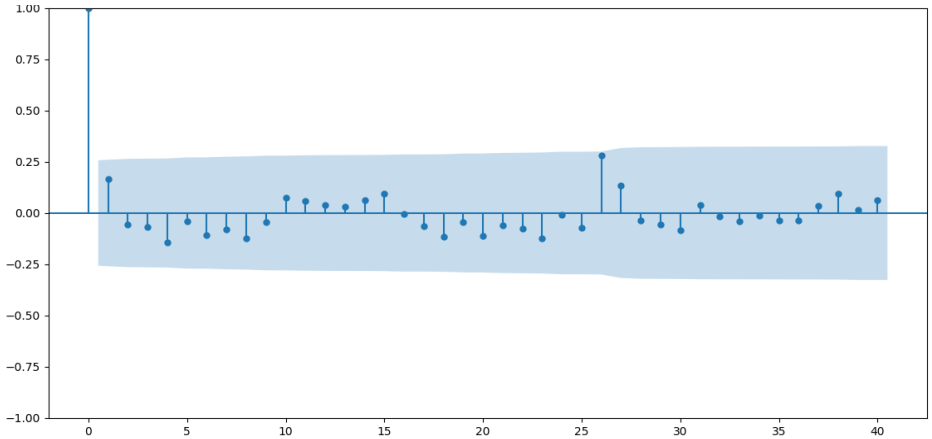
La evaluación de la volatilidad bajo modelos ARCH y GARCH sugiere que el modelo GARCH presenta un coeficiente beta de cero, lo cual indica que la volatilidad condicional no guarda dependencia de su propio pasado, por lo tanto, se asume que el modelo ARCH es el que mejor describe el comportamiento de la volatilidad para el precio del ganado en pie, con un nivel de confianza superior al 95%. A continuación, se presenta la ecuación de volatilidad obtenida:

$$\boldsymbol{\sigma^2 = 0.00125 + 0.3640\varepsilon_{t-1}^2}$$

Para confirmar la heterosedasitcidad del cuadrado de los residuos de la regresión, se presenta el correlograma, el cual indica que no existe autocorrelación entre los residuos, lo cual confirma el supuesto de heteroscedasticidad requerido para el modelo:

5.4.2 Futuros sobre maíz

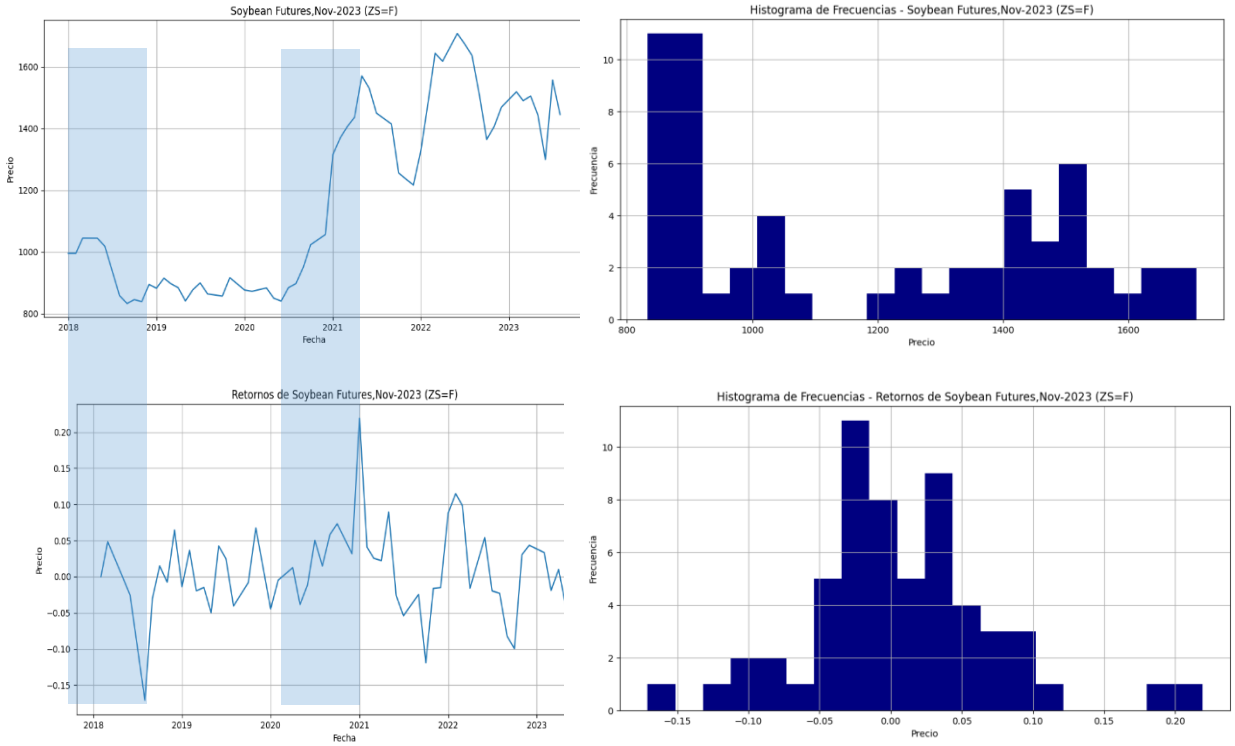
Ilustración 4. Correlograma de los residuos al cuadrado de los precios del ganado en pie



Fuente: (Elaboración propia, 2023).

5.4.3 Futuros sobre soya

Ilustración 5. Cotización de los futuros sobre soya en la CME



Fuente: (CME, cálculos propios, 2023).

En el caso de la soya, se puede observar que en tiempos pre-pandemia hubo mayor estabilidad en la cotización, para posteriormente entrar en una dinámica alcista. En este caso, se destaca la asimetría de la volatilidad, donde los impactos negativos en la volatilidad de los retornos se ven reflejados en una caída de menor magnitud que cuando el choque es alcista.

Tabla 8. Modelo de volatilidad ARCH y GARCH de los futuros sobre soya

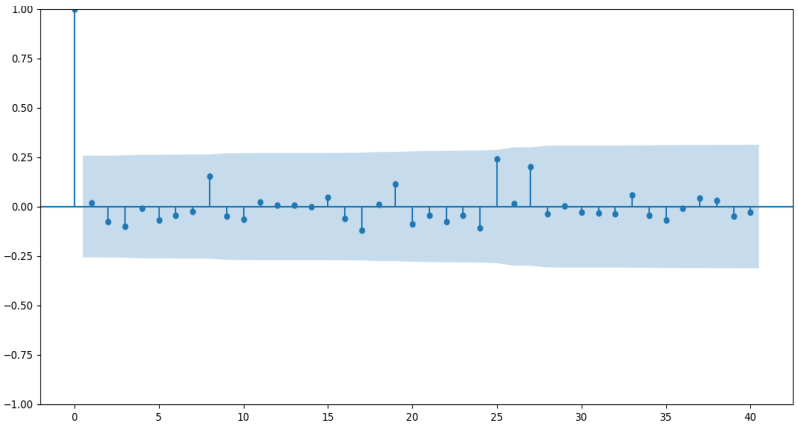
```
                     Constant Mean - ARCH Model Results
==============================================================================================
Dep. Variable:     Soybean Futures,Nov-2023 (ZS=F)   R-squared:                       0.000
Mean Model:                        Constant Mean   Adj. R-squared:                  0.000
Vol Model:                                   ARCH   Log-Likelihood:                75.8128
Distribution:                              Normal   AIC:                          -145.626
Method:                        Maximum Likelihood   BIC:                          -139.444
                                                    No. Observations:                   58
Date:                            Wed, Oct 11 2023   Df Residuals:                       57
Time:                                    16:50:11   Df Model:                            1
                                 Mean Model
==========================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|       95.0% Conf. Int.
--------------------------------------------------------------------------
mu         6.9962e-03  9.631e-03      0.726      0.468 [-1.188e-02,2.587e-02]
                            Volatility Model
==========================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|      95.0% Conf. Int.
--------------------------------------------------------------------------
omega      4.0944e-03  1.543e-03      2.653  7.974e-03 [1.070e-03,7.119e-03]
alpha[1]       0.0472      0.226      0.209      0.835     [ -0.396,  0.490]
==========================================================================


                     Constant Mean - GARCH Model Results
==============================================================================================
Dep. Variable:     Soybean Futures,Nov-2023 (ZS=F)   R-squared:                       0.000
Mean Model:                        Constant Mean   Adj. R-squared:                  0.000
Vol Model:                                  GARCH   Log-Likelihood:                76.9641
Distribution:                              Normal   AIC:                          -145.928
Method:                        Maximum Likelihood   BIC:                          -137.686
                                                    No. Observations:                   58
Date:                            Wed, Oct 11 2023   Df Residuals:                       57
Time:                                    16:50:11   Df Model:                            1
                                 Mean Model
==========================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|       95.0% Conf. Int.
--------------------------------------------------------------------------
mu         5.7483e-03  7.931e-03      0.725      0.469 [-9.796e-03,2.129e-02]
                            Volatility Model
==========================================================================
                 coef    std err          t      P>|t|       95.0% Conf. Int.
--------------------------------------------------------------------------
omega      2.7812e-05  7.386e-05      0.377      0.707 [-1.169e-04,1.726e-04]
alpha[1]   2.1364e-10  3.525e-02  6.060e-09      1.000 [-6.909e-02,6.909e-02]
beta[1]        0.9805  5.201e-02     18.852  2.813e-79      [  0.879,  1.082]
==========================================================================
```

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

A partir de los resultados se opta por el modelo GARCH con la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{\sigma^2 = 0.0000278 + 0.000000000213\varepsilon_{t-1}^2 + 0.9805\sigma_{t-1}^2}$$

Ilustración 6. Correlograma de los residuos al cuadrado de los futuros de soya



Fuente: (Elaboración propia, 2023).

El correlograma de los residuos al cuadrado, aporta evidencia de que la varianza de los errores es heterosedastica.

5.5 Resultados etapa 4

5.5.1 Formulación del índice de cobertura

A continuación, se presentan las características de los futuros de soya requeridas, para hacer la formulación del índice de cobertura cruzada.

Tabla 9. Características de los futuros sobre soya en la CME

CONTRACT SPECS	SOYBEAN FUTURES
CONTRACT UNIT	5,000 bushels (~136 metric tons)
PRICE QUOTATION	U.S. cents per bushel
TRADING HOURS	Monday - Friday 8:30 a.m. - 1:20 p.m. CT

Fuente: (CME, 2023).

Para realizar el índice de cobertura, se procederá a asumir una posición expuesta de un millón de dólares americanos en el costo de compra de ganado en pie para la compañía. Es importante aclarar que la posición está denominada en dólares, debido a que la denominación del ingreso y la exposición al riesgo cambiario es cubierta con forward de tasa de cambio. En este sentido, se efectúa la siguiente ecuación para determinar la cantidad de contratos que se

deben comprar o vender, según la relación entre el precio del ganado y los *commodities* seleccionados en la etapa dos de la investigación:

5.5.2 Razón de cobertura que minimiza la varianza de la posición cubierta

$$h^* = \rho \frac{\sigma_s}{\sigma_f}$$

Donde;

$\Delta\, s = Cambio\ en\ precio\ spot$

$\Delta f\ = Cambio\ en\ precio\ del\ futuro$

$\sigma_s = Desviación\ estandar\ de\ \Delta\, s$

$\sigma_f = Desviación\ estandar\ de\ \Delta\, f$

$\rho = Coeficiente\ de\ correlación\ entre\ \Delta\, s\ y\ \Delta\, f$

$h^* =$ *Razón de cobertura que minimiza la varianza de la posición cubierta*

5.5.3 Cálculo del número de contratos óptimos

$$N^* = \frac{h^* N_A}{Q_f}$$

Donde;

$N_A = Posición\ a\ cubrir\ de\ USD$

$Q_f = Valor\ del\ con\ trato\ en\ T_{+0} * tamaño\ del\ contato$

5.5.4 Evaluación de la cobertura

Tabla 10. Cálculo de la razón de cobertura que minimiza la varianza de la posición expuesta

$\sigma_s =$	0,066098305
$\sigma_f =$	0,042871046
$\rho =$	14,063%
$h^* =$	0,216828389

Na	1.000.000
Qf	7.228.750
N* = número optimo de contratos	0,030

Volatilidad esperada Ganado	0,141%
Volatilidad esperada Soya	6,48%

Liquidación del derivado	

Tamaño de la compra	0,030
Precio de compra	1.637
Costo de la cobertura	245.511
Precio de venta	1.653
Venta del derivado	247.893
Liquidación en el derivado	2.381

Liquidación del ganado en pie	

Posición inicial USD	1.000.000
Tasa de cambio	4.097
Precio spot	8.476
Precio spot en USD	2,07
Kg a comprar	483.367
Precio de final	8.486
Precio final en usd	2,07
Liquidación en USD	- 1.200

Liquidación neta	1.181

Fuente: (Elaboración propia, 2023).

6. Conclusiones

En la presente investigación se identificó, en un primer momento, a partir de un análisis de regresión por mínimos cuadrados, que el precio del ganado en pie en Colombia logra ser explicado por los futuros de ganado en pie que cotizan en Brasil en un 85.2%, también por los futuros del maíz, el trigo y la soya que cotizan en Estados Unidos en un 78%, 81.3% y 67.1%, respectivamente. Esta revisión se hizo también para los futuros de ganado en pie que cotizan en la CME en Estados Unidos, pero su resultado no es estadísticamente significativo, mientras que, para la tasa de cambio del peso con respecto al dólar, la regresión arrojó un resultado del 36%. Partiendo de estos resultados, se procedió a validar la relación de las variables en el largo plazo, los resultados sugieren que existe co-integración entre las variables, lo cual es equivalente a decir que existe una relación de equilibrio de largo plazo, con resultados que indican relevancia estadística a partir de la prueba Engel-Grange. Para complementar este análisis, se llevó a cabo un estudio de vectores de corrección de errores, con el fin de validar cómo es esta relación en el corto plazo, sobre lo cual se logró identificar que, a pesar de que el coeficiente de correlación arroja un comportamiento directamente promocional, el análisis VEC indica que las variables se relacionan de manera inversa en el corto plazo, donde se destaca el beta del soya con un -5.17, seguido por el beta del trigo con un -6.78 y en tercer lugar el maíz con un -6.16. Se concluye a partir de los resultados que, tanto los futuros de soya como los del trigo y el maíz, son instrumentos con alta significancia estadística para servir como herramientas de cobertura cruzada y, teniendo en cuenta que el coeficiente de correlación arroja un 93% para la soya, se procedió a hacer la modelación de la volatilidad con este activo.

En la tercera etapa de la investigación se pudo concluir que la volatilidad del precio mensual del ganado sugiere que la volatilidad condicional no es explicada por su propio pasado, lo cual es consecuente con el contexto de la ganadería colombiana, que atraviesa por una nueva etapa en la exportación de ganado, que ha desplazado la curva de demanda debido a las ventas externas. A partir de esto se concluyó que el modelo ARCH arroja una mejor bondad de ajuste. Por otro lado, se logró establecer que los errores de la regresión de precios, guarda condición de heterosedasticidad, la cual es clave para que el modelo ARCH sea válido. Con respecto al precio de la soya, se observó que el modelo GARCH tiene un coeficiente alfa muy pequeño,

lo que indica que la volatilidad condicional no está influenciada significativamente por los errores pasados, pero tiene un coeficiente beta alto, lo que indica una fuerte dependencia en su propia historia pasada. El modelo ARCH tiene un coeficiente alfa mayor, lo que sugiere que la volatilidad condicional está influenciada por los errores pasados. Teniendo en cuenta esto, se acude a los criterios de ajuste Akaike y Bayesiano, sin embargo, son muy similares, teniendo en cuenta que el modelo GARCH indica fuerte dependencia de su historia y que la evidencia empírica sugiere que existen clusters de volatilidad, por lo que se optó por el modelo GARCH. Esta modelación permitió estimar la volatilidad de las dos series de tiempo para un periodo posterior, de tal forma que permitió hacer una aproximación importante al cálculo de la razón de cobertura, que minimiza la varianza de la posición en riesgo en el precio del ganado en pie.

En la última etapa de la investigación, se logró establecer que la razón de cobertura que minimiza la varianza de una posición de un millón de dólares es de 0.2168 y que el número óptimo de contratos que se debería comprar para tener una cobertura eficaz es de 0.03 contratos. Es importante mencionar que el índice de cobertura cruzada asume una tasa de cambio constante en dólar, debido a que la compañía cubre el riesgo cambiario con forward. El resultado indica que se cumple con la condición de estabilizar el flujo de caja, inclusive con un resultado positivo en el ingreso no operacional.

Teniendo en cuenta la exposición de la compañía al costo del ganado en pie y al peso que este tiene sobre el resultado económico, los hallazgos de esta investigación abren la puerta para una mitigación de riesgo de mercado más integral, apoyada en procesos de innovación financiera; esto podría generar efectos estabilizadores en el precio, no solo del ganado en pie, sino, además, en el precio de la carne procesada para el consumidor final. Estos hallazgos, a su vez, son un camino para la proyección de precios futuros y análisis de sensibilidad de la caja para la compañía Inversiones Bonanza, con lo cual se logra eficiencias, que le permitirían mejorar su competitividad en los mercados internacionales, de modo que se abran las puertas para incrementar su cuota de mercado y llevar el ganado colombiano a nuevos destinos.

Referencias bibliográficas

Białkowski, J., Bohl, M. T., & Perera, D. (2023). Commodity futures hedge ratios: A meta-analysis. *Journal of Commodity Markets*, *30*, 100276. https://doi.org/10.1016/J.JCOMM.2022.100276

Bina, J., Schroeder, T., Info, A., & Schroeder, T. C. (2018). *PROSPECTIVE FED CATTLE MARKET RISK*. Kansas State University, Department of Agricultural Economics.

"Bolsa de Mercadorias & Futuros" (BM&F). (s.f.). *Cash+Settled+Live+Cattle+Futures+Contract (1)*. Retrieved September 2, 2023, from https://www.b3.com.br/en_us/products-and-services/trading/commodities/product-sheet-8AE490C96D41D3A2016D46018048735F.htm

Chicago Mercantile Exchange. (2023, October). *SOYBEAN FUTURES - QUOTES*. https://www.cmegroup.com/markets/agriculture/oilseeds/soybean.quotes.html#venue=globex

Choi, J. W., & Longstaff, F. A. (1985). Pricing Options on Agricultural Futures: An Application of the Constant Elasticity of Variance Option Pricing Model. In *The Journal of Futures Markets* (Vol. 5, Issue 2).

De Jong, J., Sonnemans, J., & Tuinstra, J. (2022). The effect of futures markets on the stability of commodity prices. *Journal of Economic Behavior and Organization*, *198*, 176–211. https://doi.org/10.1016/j.jebo.2022.03.025

Fedegan. (s.f.). *Precio_promedio_de_ganado_gordo_en_pie_Colombia ($_x_kilo_-_Precio_Referencia*. Retrieved July 26, 2023, from https://www.fedegan.org.co/estadisticas/precios

FINCAD. (s.f.). *Basics of Hedge effectiveness testing and MeasureMent*. Basics of Hedge Effectiveness Testing and Measurement - Part 2, Whitepaper | FINCAD (cmegroup.com).

Gum, R., & Wildermuth, J. (s.f.). HEDGING ON THE LIVE CATTLE FUTURES CONTRACT. In *Source* (Vol. 42).

Live Cattle Jul 23. (2023). *"Bolsa de Mercadorias & Futuros" (BM&F)*. https://www.b3.com.br/data/files/81/40/AC/84/7F91A8103234E0A8AC094EA8/7.%20EN%20-%20Live%20Cattle%20Jul%2023.pdf

Newsome, J. E., Wang, G. H. K., Boyd, M. E., & Fuller, M. J. (2004). Contract Modifications and the Basis Behavior of Live Cattle Futures. *Journal of Futures Markets*, *24*(6), 557–590. https://doi.org/10.1002/fut.10128

Rico, J., Serrano, M., & Téllez Gaytán. (s.f.). *Diseño y valoración de coberturas cruzadas en Colombia*. Retrieved August 4, 2023, from http://hdl.handle.net/20.500.11912/7215.

Schroeder, T. C., & Tonsor, G. T. (2012). International cattle ID and traceability: Competitive implications for the US. *Food Policy*, *37*(1), 31–40. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.10.005

Schroeder, T. C., Tonsor, G. T., & Coffey, B. K. (2019). Commodity futures with thinly traded cash markets: The case of live cattle. *Journal of Commodity Markets*, *15*. https://doi.org/10.1016/j.jcomm.2018.09.005