

REPÚBLICA DEL ECUADOR
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO – UNEMI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
MAGÍSTER EN ECONOMÍA

TEMA:

Transmisión de precios internacionales hacia el productor de cacao en Ecuador:
evidencia de cointegración, asimetría y propuesta de sistema de monitoreo,
2016–2025.

AUTORA:

Econ. Lorely Nahomy Muñoz Elaje.

DOCENTE TUTOR:

Econ. Marco Faytong Haro, PhD.

Milagro, 17 de Julio 2026

DERECHOS DE AUTOR

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Lorely Nahomy Muñoz Elaje**, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizado como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Economía**, como aporte a la Línea de Investigación Modelos de desarrollo local y empresarial, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 17 de Julio 2026



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**LORELY NAHOMY MUNOZ
ELAJE**

Econ. Lorely Nahomy Muñoz Elaje
C.I.: 1250094826

APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Marco Faytong Haro**, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por **Lorely Nahomy Muñoz Elaje**, cuyo tema es **Transmisión de precios internacionales hacia el productor de cacao en Ecuador: evidencia de cointegración, asimetría y propuesta de sistema de monitoreo, 2016–2025**, que aporta a la Línea de Investigación **Modelos de desarrollo local y empresarial**, previo a la obtención del Grado **Magíster en Economía**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 17 de Julio 2026



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**MARCO ANTONIO
FAYTONG HARO**

Econ. Marco Faytong Haro, PhD.

DOCENTE TUTOR

C.I.: 1204269037

FACULTAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los veintiocho días del mes de agosto del dos mil veintiseis, siendo las 14:00 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, ECON. MUÑOZ ELAJE LORELY NAHOMY, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **TRANSMISIÓN DE PRECIOS INTERNACIONALES HACIA EL PRODUCTOR DE CACAO EN ECUADOR: EVIDENCIA DE COINTEGRACIÓN, ASIMETRÍA Y PROPUESTA DE SISTEMA DE MONITOREO, 2016-2025** ", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Mba JOHNSON PLASCENCIO CHRISTIAN DANIEL, Presidente(a), LOPEZ ALVARADO JESSICA MARIBEL en calidad de Vocal; y, Econ. HERNANDEZ CEREZO STEVEN SIMON que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	58.00
DEFENSA ORAL	40.00
PROMEDIO	98.00
EQUIVALENTE	EXCELENTE

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 14:00 horas.



Firmado electrónicamente por:
**CHRISTIAN DANIEL
JOHNSON PLASCENCIO**

MBA JOHNSON PLASCENCIO CHRISTIAN DANIEL
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**JESSICA MARIBEL
LOPEZ ALVARADO**

LOPEZ ALVARADO JESSICA MARIBEL
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
**STEVEN SIMON
HERNANDEZ CEREZO**

HERNANDEZ CEREZO STEVEN SIMON
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**LORELY NAHOMY
MUNOZ ELAJE**

MUÑOZ ELAJE LORELY NAHOMY
MAESTRANTE

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme en cada paso, darme fortaleza en los momentos difíciles y permitirme llegar hasta aquí.

A mis padres, mami Rosa y papi Alex, por su amor incondicional y por enseñarme que el esfuerzo honesto siempre encuentra su recompensa. Todo cuanto soy y cuanto logro lleva impresa la huella de su sacrificio y su fe.

A mi niño Manu, que partió demasiado pronto. Tu recuerdo me acompaña en cada página de este trabajo; este logro también es tuyo.

A mi familia, por acompañarme, creer en mí y estar presente a lo largo de este camino.

Y, finalmente, a cada pequeño productor de cacao ecuatoriano que, con esfuerzo y dedicación, trabaja cada día para que el mejor cacao de nuestro país llegue al mundo.

AGRADECIMIENTOS

Al International Cocoa Organization (ICCO) y al Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG-SIPA), por poner a disposición pública las series de precios que constituyen el insumo primario de esta investigación. A los especialistas que generosamente participaron en el proceso de validación de la propuesta, aportando su experiencia y criterio técnico.

A mis compañeros y compañeras del programa de Maestría en Economía, por el intercambio permanente de ideas. Y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de este proyecto.

Al Coordinador de la Maestría y a los docentes de los programas de Posgrado y Pregrado de la Universidad Estatal de Milagro, por compartir su conocimiento y acompañar cada etapa de mi formación académica.

A la Universidad Estatal de Milagro y a su Facultad de Posgrados, por brindar las condiciones académicas que hicieron posible esta investigación. Al Econ. Marco Faytong Haro, PhD., por su orientación rigurosa, su disposición permanente y sus observaciones que enriquecieron cada etapa de este trabajo.

A la Unión de Organizaciones Campesinas Cacaoteras del Ecuador (UNOCACE), donde tuve el privilegio de trabajar desde 2023. Fundada en 1999, UNOCACE es una cooperativa de segundo grado que agrupa a más de 1.800 familias agricultoras dedicadas a la producción y exportación de cacao fino de aroma 'Nacional Arriba'. Su modelo de agroforestería dinámica, comercio justo y producción orgánica (libre de químicos) es referente de desarrollo rural sostenible en Ecuador y en el mundo. La experiencia directa con productores en campo fue la semilla que orientó esta investigación hacia la transmisión de precios y su impacto en las familias cacaoteras.

RESUMEN

La transmisión incompleta y asimétrica de precios desde el mercado internacional hacia el productor agrícola constituye una fuente persistente de inequidad en las cadenas agroalimentarias de países en desarrollo. Este estudio examina la dinámica de transmisión de precios internacionales del cacao hacia el productor ecuatoriano durante el período enero 2016–diciembre 2025 ($T=120$ observaciones mensuales), empleando una batería de metodologías econométricas de series de tiempo. El análisis integra pruebas de raíz unitaria (ADF y KPSS), cointegración bivalente de Engle-Granger, modelo de corrección del error (ECM), prueba multivariante de Johansen, modelo NARDL de Shin, Yu y Greenwood-Nimmo (2014) para la detección de asimetría, y pruebas de estabilidad estructural de Chow, Bai-Perron y CUSUM.

Los resultados confirman que ambas series de precios (el precio compuesto ICCO (IPint) y el precio al productor ecuatoriano (IPprod)) son integradas de orden uno $I(1)$ y cointegran en el largo plazo, con una elasticidad de transmisión $\beta=1,0179$, estadísticamente indistinguible de la unidad. El mecanismo de corrección del error opera con una velocidad de ajuste $\lambda=-0,1996$, equivalente a una vida media de desequilibrio de 3,11 meses. El modelo NARDL revela simetría en el corto plazo (Wald CP: $p=0,643$) y asimetría significativa en el largo plazo (Wald LP: $p\approx 2,1\times 10^{-26}$): las caídas de precios internacionales penetran con mayor intensidad al precio del productor que las alzas equivalentes. Las pruebas de estabilidad estructural no identifican quiebres sistemáticos, aunque el período de auge 2023–2024 introduce perturbaciones transitorias en la dinámica de transmisión.

Sobre la base del diagnóstico econométrico, se propone el Sistema Inteligente de Monitoreo y Alerta Temprana de Transmisión de Precios del Cacao (SIMCAT), plataforma tecnológica-institucional diseñada para reducir las asimetrías de información entre los eslabones de la cadena cacaotera. La propuesta es validada mediante criterio de expertos, obteniendo una valoración media global de 4,56/5,00 (V de Aiken=0,890) con coeficiente de concordancia de Kendall $W=0,509$ ($\chi^2=35,61$; $gl=14$; $p=0,001$), indicativo de concordancia moderada estadísticamente significativa entre los especialistas. Los hallazgos tienen implicaciones directas para la política agrícola orientada a mejorar la equidad distributiva en la cadena de valor del cacao ecuatoriano.

Se recomienda implementar el SIMCAT como herramienta de monitoreo mensual de precios, replicar la metodología en otros commodities estratégicos de exportación (banano, camarón, palma), y fortalecer la institucionalidad de información de precios en el sector cacaotero, con especial atención a la coordinación entre el MAG, ANECACAO y las cooperativas de productores.

Palabras clave: *transmisión de precios, cacao, cointegración, NARDL, asimetría, Ecuador, SIMCAT.*

ABSTRACT

Incomplete and asymmetric price transmission from international markets to agricultural producers represents a persistent source of inequity in agri-food value chains in developing countries. This study examines the dynamics of international cocoa price transmission to Ecuadorian producers during the period January 2016–December 2025 (T=120 monthly observations), employing a battery of time-series econometric methodologies. The analysis integrates unit root tests (ADF and KPSS), Engle-Granger bivariate cointegration, error correction model (ECM), Johansen multivariate test, the NARDL model of Shin, Yu and Greenwood-Nimmo (2014) for asymmetry detection, and structural stability tests of Chow, Bai-Perron and CUSUM.

Results confirm that both price series, the ICCO composite price (IPint) and the Ecuadorian producer price (IPprod), are integrated of order one I(1) and cointegrate in the long run, with a transmission elasticity $\beta=1.018$, statistically indistinguishable from unity. The error correction mechanism operates with an adjustment speed $\lambda=-0.1996$, equivalent to a disequilibrium half-life of 3.11 months. The NARDL model reveals short-run symmetry (Wald SR: $p=0.643$) and significant long-run asymmetry (Wald LR: $p\approx 2.1\times 10^{-26}$): international price declines penetrate producer prices with greater intensity than equivalent increases. Structural stability tests identify no systematic breaks, although the 2023–2024 boom period introduces transitory perturbations in transmission dynamics.

Based on the econometric diagnosis, this study proposes the Intelligent Cocoa Price Transmission Monitoring and Early Warning System (SIMCAT), a technological-institutional platform designed to reduce information asymmetries across the cocoa value chain. The proposal is validated by expert judgment, obtaining a mean global score of 4.56/5.00 (Aiken $V=0.890$) with Kendall concordance coefficient $W=0.509$ ($\chi^2=35.61$; $df=14$; $p=0.001$), indicating moderate yet statistically significant agreement among specialists. The findings have direct implications for agricultural policy aimed at improving distributional equity in the Ecuadorian cocoa value chain.

Key recommendations include implementing SIMCAT as a monthly price monitoring tool, replicating the methodology for other strategic export commodities (banana, shrimp, palm oil), and strengthening price information institutions within the cocoa sector, with special attention to coordination among the MAG, ANECACAO, and producer cooperatives.

Keywords: *price transmission, cocoa, cointegration, NARDL, asymmetry, Ecuador, SIMCAT.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precio internacional ICCO y precio al productor ecuatoriano, enero 2016–diciembre 2025 (USD/kg).

Figura 2. Razón Pprod/Pint mensual (precio al productor / precio internacional), enero 2016–diciembre 2025.

Figura 3. Multiplicadores dinámicos asimétricos del modelo NARDL: respuesta acumulada del precio al productor ante choques positivos (L^+) y negativos (L^-) en el precio internacional, horizontes $h = 0$ –12 meses.

Figura 4. Pruebas de estabilidad estructural sobre residuos del ECM reespecificado: CUSUM recursivo (izquierda) y OLS-CUSUM (derecha).

Figura 5. Función de impulso-respuesta (IRF): respuesta de IP_{prod} ante un choque unitario en IP_{int} , horizontes $h = 0$ –12 meses.

Figura 6. Elasticidad de transmisión dinámica $\hat{\beta}_t$ estimada por regresión rodante de 24 meses, enero 2018–diciembre 2025.

LISTA DE TABLAS

Cuadro 1.13. Operacionalización de variables: dimensiones analíticas de la transmisión de precios.

Cuadro 1 (Anexo 1). Pruebas de raíz unitaria ADF y KPSS: IP_{int} y IP_{prod} en niveles y primeras diferencias.

Cuadro 2 (Anexo 2). Modelos de largo plazo (MCO), ECM y verificación de Johansen.

Cuadro 3 (Anexo 3). Modelo NARDL: bounds test PSS, multiplicadores de largo plazo y pruebas de Wald.

DERECHOS DE AUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1 Transmisión vertical de precios en cadenas agroalimentarias.....	5
1.2 La Ley del Precio Único y sus condiciones de validez.....	6
1.3 Asimetría en la transmisión de precios.....	7
1.4 Modelos de cointegración: Engle-Granger y Johansen.....	8
1.5 El modelo NARDL para la asimetría.....	9
1.6 Estabilidad estructural y quiebres en las relaciones de precio.....	10
1.7 El mercado mundial del cacao: estructura y formación de precios.....	11
1.8 La cadena de valor del cacao en Ecuador.....	12
1.9 Antecedentes empíricos.....	13
1.10 Posicionamiento teórico y operacionalización de variables.....	15
1.11 Sistemas de información de precios agrícolas: experiencias internacionales.....	16
1.12 La equidad distributiva en la cadena de valor del cacao.....	17
1.13 Operacionalización de conceptos: la transmisión de precios como variable de estudio ...	19
1.14 Economía política de la intermediación agrícola en Ecuador.....	19
1.15 Marco conceptual integrador de la investigación.....	21

CAPÍTULO II: DISEÑO METODOLÓGICO.....	22
2.1 Paradigma científico y tipo de investigación.....	23
2.2 Fuentes de datos y construcción de la serie mensual.....	23
2.3 Hipótesis de investigación.....	24
2.4 Métodos estadísticos.....	25
2.4.1 Pruebas de raíz unitaria.....	25
2.4.2 Cointegración de Engle-Granger y ECM	25
2.4.3 Modelo NARDL	26
2.4.4 Estabilidad estructural	26
2.5 Consideraciones sobre la robustez de los resultados.....	27
2.6 Aspectos éticos y de confidencialidad.....	28
2.7 Especificación de los modelos estimados.....	28
2.8 Construcción y validación del Índice de Transmisión de Precios (ITP)	30
CAPÍTULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	31
3.1 Análisis descriptivo de la serie temporal.....	31
3.2 Pruebas de raíz unitaria: propiedades de integración	33
3.3 Cointegración de Engle-Granger y modelo de corrección del error.....	33
3.4 Test de Johansen y VECM	35
3.5 Modelo NARDL: asimetría en la transmisión de precios.....	36
3.6 Estabilidad estructural del modelo	37
3.7 Discusión de resultados y comparación con la literatura	38
3.8 Análisis de los multiplicadores dinámicos asimétricos	41
3.9 Análisis de la función de impulso-respuesta (IRF)	42
3.10 Implicaciones de política de los resultados econométricos	44
3.11 Comparación con estudios previos para otros países productores	45

3.12 Análisis de sensibilidad: variaciones en el período de muestra	46
CAPÍTULO IV: PROPUESTA, SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA DE TRANSMISIÓN DE PRECIOS DEL CACAO (SIMCAT)	47
4.1 Fundamentación de la propuesta	47
4.2 Objetivo y descripción general del SIMCAT	48
4.3 Componentes técnicos del SIMCAT	49
4.3.1 Módulo de ingesta y procesamiento de datos	49
4.3.2 Módulo de análisis econométrico automatizado	50
4.3.3 Módulo de generación y clasificación de alertas	50
4.3.4 Módulo de difusión y acceso ciudadano.....	50
4.4 Marco institucional y actores.....	51
4.5 Plan de implementación.....	51
4.7 Indicadores de evaluación y sostenibilidad	52
4.8 Modelo lógico del SIMCAT.....	53
4.9 Gestión de riesgos del proyecto SIMCAT.....	54
4.10 Evaluación económica del SIMCAT: costo-beneficio simplificado	55
4.11 Articulación del SIMCAT con la política nacional de información agrícola.....	56
CAPÍTULO V: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA.....	57
5.1 Metodología de validación por criterio de expertos	57
5.2 Instrumento de validación	58
5.3 Perfil de los expertos consultados	59
5.4 Resultados de la validación por experto	59
5.5 Análisis estadístico de la concordancia entre expertos.....	60
5.6 Observaciones cualitativas y ajustes a la propuesta	61
5.7 Limitaciones del proceso de validación.....	62

5.8 Contribuciones de la propuesta al conocimiento y a la práctica.....	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
Conclusiones.....	64
Declaración de uso de Inteligencia Artificial	66
Recomendaciones	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	73
Anexo 1. Cuadro 1. Pruebas de raíz unitaria ADF y KPSS: IPint y IPprod en niveles y primeras diferencias.....	73
Anexo 2. Cuadro 2. Modelos de largo plazo (MCO), ECM y verificación de Johansen	73
Anexo 3. Cuadro 3. Modelo NARDL: bounds test PSS, multiplicadores de largo plazo y pruebas de Wald.....	74
Anexo 4. Instrumento de validación por criterio de expertos, SIMCAT	75
Anexo 5. Script R: Análisis de concordancia entre expertos — Bloque 19.....	76

INTRODUCCIÓN

Ecuador ocupa una posición singular en el mercado mundial del cacao. Con una participación aproximada del 60 al 70 por ciento en la oferta global de cacao fino de aroma (la variedad de mayor valor comercial) y con alrededor de 100.000 pequeños productores que dependen de este cultivo como principal fuente de ingresos, el país ha consolidado al cacao como uno de los ejes de su inserción exportadora y de su política de desarrollo rural (ANECACAO, 2023; MAG, 2023). La relevancia estratégica del cultivo trasciende lo económico: el cacao Nacional o Arriba y la variedad CCN-51 forman parte de la identidad productiva de dieciséis provincias de la Costa y la Amazonía, articulando comunidades rurales que históricamente han encontrado en este producto una vía de generación de ingresos y de acceso a los mercados internacionales.

Sin embargo, la participación ecuatoriana en el mercado mundial del cacao no garantiza por sí misma que los productores capten una proporción equitativa del valor generado en la cadena. El precio internacional de referencia (el ICCO Composite Price, publicado diariamente por la Organización Internacional del Cacao) experimentó una volatilidad histórica durante el período 2016–2025: partiendo de niveles de 2,03 USD/kg en enero de 2016, alcanzó un máximo histórico de 10,71 USD/kg en los primeros meses de 2024, impulsado por fenómenos climáticos severos en África Occidental y por la reducción de existencias mundiales a mínimos históricos (ICCO, 2024). Esta escalada de precios abrió interrogantes fundamentales: ¿en qué medida y con qué velocidad se transmite esta señal de precio hacia el productor ecuatoriano? ¿Se transmiten los incrementos con la misma intensidad que las caídas?

La literatura sobre transmisión vertical de precios en cadenas agroalimentarias documenta que la propagación desde los mercados internacionales hacia el nivel del productor es frecuentemente incompleta y asimétrica. Meyer y von Cramon-Taubadel (2004) identifican tres fuentes principales de esta asimetría: costos de ajuste que crean umbrales de respuesta, poder de mercado ejercido por intermediarios que retienen márgenes en períodos alcistas, y asimetrías de información que impiden al productor conocer oportunamente las cotizaciones

internacionales. En el contexto ecuatoriano, la cadena cacaotera presenta una estructura de intermediación compleja, con múltiples eslabones entre el productor en finca y el exportador o exportadora, lo que hace plausible que la transmisión sea imperfecta y sesgada.

A pesar de su importancia para la política pública, la evidencia econométrica específica sobre la transmisión de precios del cacao en Ecuador es notablemente escasa. Los estudios disponibles abordan preferentemente la cadena de valor, los medios de vida del productor o la calidad diferenciada (Díaz-Montenegro et al., 2018; Villacis et al., 2022; Rueda et al., 2018), sin aplicar metodologías de series de tiempo orientadas a cuantificar la dinámica temporal de la transmisión. Esta brecha de investigación es la que justifica y motiva el presente trabajo.

El presente estudio defiende la hipótesis principal de que existe una relación de cointegración de largo plazo entre el precio internacional del cacao y el precio al productor ecuatoriano, con elasticidad cercana a la unidad, pero con asimetría estadísticamente significativa en el largo plazo: las caídas internacionales de precios se transmiten con mayor intensidad que los incrementos equivalentes. El objetivo general de la investigación es analizar la transmisión de precios internacionales del cacao hacia el productor ecuatoriano durante enero 2016–diciembre 2025, cuantificando su magnitud, velocidad de ajuste y simetría, y proponer un sistema de monitoreo inteligente que contribuya a reducir las asimetrías de información que perpetúan la inequidad distributiva en la cadena. De este objetivo general se derivan seis objetivos específicos: (1) construir una serie mensual homogénea de precios internacionales ICCO y precios al productor ecuatoriano para el período 2016–2025; (2) verificar las propiedades de integración de ambas series mediante pruebas ADF y KPSS; (3) estimar la relación de largo plazo mediante cointegración de Engle-Granger y ECM; (4) evaluar la transmisión multivariante a través del test de Johansen y VECM; (5) cuantificar la asimetría de la transmisión mediante el modelo NARDL y pruebas de Wald; y (6) diseñar y validar el SIMCAT como respuesta de política pública.

La justificación de esta investigación descansa en tres dimensiones. Desde la pertinencia científica, la aplicación de modelos NARDL al mercado cacaotero ecuatoriano representa

una contribución metodológica original a una literatura que, en el contexto nacional, no ha empleado estas herramientas. Desde la relevancia social, los resultados permiten identificar en qué condiciones y con qué intensidad los productores, la mayoría pequeños agricultores con limitado acceso a información de mercado, se benefician o perjudican de las fluctuaciones internacionales. Desde la viabilidad, la investigación utiliza exclusivamente datos de libre acceso (ICCO y MAG-SIPA) y métodos econométricos reproducibles en software de código abierto (R), lo que garantiza su trazabilidad y posibilidad de actualización periódica.

El presente documento se organiza en cinco capítulos. El Capítulo I desarrolla el marco teórico referencial, revisando los fundamentos de la transmisión vertical de precios, los modelos de cointegración y NARDL, las características del mercado mundial del cacao y los antecedentes empíricos disponibles. El Capítulo II describe el diseño metodológico, detallando las fuentes de datos, la construcción de la serie mensual, y los métodos estadísticos empleados. El Capítulo III presenta el análisis e interpretación de los resultados econométricos, desde las pruebas de raíz unitaria hasta el diagnóstico de asimetría y estabilidad. El Capítulo IV desarrolla la propuesta del SIMCAT, fundamentando su diseño en los hallazgos del diagnóstico. El Capítulo V reporta la validación de la propuesta mediante criterio de expertos. Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos estadísticos.

La economía ecuatoriana mantiene una dependencia estructural de las exportaciones agrícolas que se remonta a los ciclos del cacao y el banano del siglo XIX y XX. En el presente, el cacao continúa siendo un pilar fundamental de las divisas del país: según datos del Banco Central del Ecuador (2024), el sector generó ingresos por exportaciones que superaron los USD 1.200 millones en 2023, un récord histórico impulsado por el boom de precios internacionales que elevó el precio ICCO de 2.500 a más de 10.000 USD/TM en el período 2023–2024. Sin embargo, la pregunta central que esta investigación aborda es si ese boom de precios internacionales fue efectivamente transferido a los productores de cacao en finca, o si la mayor parte del beneficio fue capturado por los eslabones intermedios de la cadena de valor.

La relevancia de esta pregunta trasciende el análisis sectorial: en Ecuador, aproximadamente 250.000 familias dependen del cultivo del cacao como fuente principal o complementaria de ingresos (ANECACAO, 2023). La capacidad de estas familias para beneficiarse de los ciclos alcistas del mercado internacional (y de protegerse de los bajistas) depende en gran medida del grado y la forma en que los precios se transmiten a través de la cadena de comercialización. Una transmisión incompleta, asimétrica o rezagada no solo es una señal de ineficiencia económica, sino también un mecanismo de transferencia regresiva de valor desde el productor, en su mayoría pequeños agricultores con menos de cinco hectáreas, hacia los eslabones de mayor poder de mercado: los exportadores, las procesadoras internacionales y, en última instancia, las grandes marcas de chocolate que operan en los mercados de consumo del Norte Global.

La problemática adquiere dimensiones adicionales cuando se considera la heterogeneidad del cacao ecuatoriano. El país produce dos variedades principales con dinámicas de precio distintas: el cacao CCN-51, de alta productividad y preferido por el mercado industrial, y el cacao Fino de Aroma (Nacional) de baja productividad, pero elevada calidad organoléptica y con presencia en los mercados de especialidad más exigentes. Esta dualidad implica que la transmisión de precios puede operar de forma diferente según la variedad, el destino de exportación y el eslabón de la cadena, añadiendo complejidad al análisis y riqueza a las implicaciones de política.

Frente a este panorama, la investigación se estructura en torno a cinco objetivos específicos: primero, caracterizar la dinámica temporal de los precios internacionales y domésticos del cacao entre 2016 y 2025; segundo, verificar la existencia de una relación de cointegración de largo plazo entre ambos precios; tercero, estimar los parámetros de velocidad y magnitud de la transmisión en el corto y largo plazo; cuarto, contrastar la hipótesis de asimetría entre las respuestas a alzas y a bajas de precios mediante el modelo NARDL; y quinto, diseñar y validar un sistema de monitoreo y alerta temprana que traduzca los resultados econométricos en una herramienta de política pública accionable. La articulación de estos cinco objetivos convierte a esta investigación en un ejercicio de ciencia aplicada que busca tender un puente entre el rigor metodológico de la econometría de series de tiempo y las necesidades concretas del sector cacaotero ecuatoriano.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Transmisión vertical de precios en cadenas agroalimentarias

La transmisión de precios en cadenas agroalimentarias hace referencia al proceso mediante el cual las variaciones en el precio de un producto en un eslabón de la cadena de valor se propagan hacia otros eslabones, modificando los márgenes de comercialización y la distribución del excedente entre los distintos agentes. En la literatura económica, este fenómeno se analiza habitualmente desde dos perspectivas complementarias: la transmisión horizontal o espacial, que examina la integración entre mercados geográficamente separados, y la transmisión vertical, que estudia el vínculo dinámico entre precios en diferentes etapas de la cadena productiva y comercial (Ravallion, 1986; Rapsomanikis et al., 2003). El presente estudio se centra en la dimensión vertical, específicamente en el vínculo entre el precio internacional de referencia (el ICCO Composite Price) y el precio recibido por el productor ecuatoriano de cacao.

La teoría económica neoclásica predice que, en mercados perfectamente competitivos con información simétrica y sin fricciones, los precios en distintos eslabones de la cadena deberían moverse de forma proporcional e instantánea. Este principio, conocido como Ley del Precio Único (LPU), establece que el arbitraje elimina las divergencias persistentes entre precios, garantizando que los cambios en los mercados de referencia se transmitan íntegra y rápidamente a los productores (Ardeni, 1989). Sin embargo, la evidencia empírica en mercados agrícolas de países en desarrollo muestra sistemáticamente que la transmisión es incompleta, rezagada y frecuentemente asimétrica, lo que sugiere la presencia de fricciones estructurales que impiden el funcionamiento pleno del mecanismo de arbitraje (Goodwin y Holt, 1999; Meyer y von Cramon-Taubadel, 2004).

Las fricciones más documentadas en la literatura incluyen: costos de transacción y transporte que crean bandas de inacción dentro de las cuales los precios no responden a diferenciales externos; asimetrías de información entre productores y compradores que otorgan poder de negociación a los intermediarios; poder de mercado oligopsónico ejercido por eslabones concentrados de la cadena; y regulaciones o intervenciones públicas que distorsionan la formación de precios. En el sector cacaotero ecuatoriano, estas fricciones son particularmente

relevantes dada la estructura de la intermediación: entre el agricultor en finca y el exportador final existen múltiples capas de acopiadores locales, intermediarios regionales y procesadoras, cada una con capacidad para retener márgenes y atenuar la señal de precio (Villacis et al., 2022; ANECACAO, 2023).

Desde una perspectiva de política pública, la magnitud de la transmisión de precios es un indicador crítico de eficiencia y equidad en la cadena de valor. Una transmisión cercana a la unidad (elasticidad $\beta \approx 1$) sugiere que los productores participan plenamente de las ganancias o pérdidas generadas por los movimientos internacionales. Una transmisión inferior a la unidad implica que parte de esas ganancias es retenida por los intermediarios, reduciendo la parte del precio internacional que finalmente llega al productor. En contextos donde los productores son pequeños agricultores con acceso limitado al crédito y a los mercados financieros, esta inequidad distributiva tiene consecuencias directas sobre su bienestar, su capacidad de inversión y su continuidad en el sector (Sen, 1999; Waarts et al., 2021).

1.2 La Ley del Precio Único y sus condiciones de validez

La Ley del Precio Único, formalizada en el contexto de las cadenas agroalimentarias por Ardeni (1989) y posteriormente revisada por Ravallion (1986) mediante modelos dinámicos de mercados integrados, establece que en presencia de arbitraje sin costos, el precio en el mercado local debe ser igual al precio en el mercado de referencia más los costos de transporte y conversión. En su forma econométrica más sencilla, esta relación se expresa como $P_{prod} = \alpha + \beta \cdot P_{int}$, donde una estimación de β estadísticamente indistinguible de la unidad se interpreta como evidencia de transmisión completa. Sin embargo, la LPU es una condición de largo plazo: en el corto plazo, los ajustes pueden ser parciales debido a contratos preexistentes, costos de menú, o información imperfecta.

La distinción entre el largo y el corto plazo es metodológicamente crucial. En el largo plazo, si los precios están cointegrados, la relación de equilibrio $\beta \approx 1$ puede sostenerse incluso cuando en el corto plazo los ajustes son parciales. Los modelos de corrección del error (ECM) desarrollados por Engle y Granger (1987) permiten separar ambas dinámicas: el parámetro β de la ecuación de nivel captura la elasticidad de largo plazo, mientras que el coeficiente del término de corrección del error (λ) mide la velocidad con que el sistema retorna al equilibrio

tras una perturbación transitoria. Una λ negativa y significativa es condición necesaria para la existencia de una relación de largo plazo estable entre las series (Engle y Granger, 1987; Hamilton, 1994).

La validez empírica de la LPU depende de las condiciones del mercado. En mercados agrícolas de alta liquidez con precios estandarizados y amplia difusión pública, como los mercados de commodities cotizados en bolsas internacionales, la LPU tiende a cumplirse razonablemente bien. En mercados como el cacaotero ecuatoriano, donde la heterogeneidad del producto, la geografía dispersa de la producción y la asimetría informacional son características estructurales, la LPU puede ser una aproximación útil pero no perfecta (Rapsomanikis et al., 2003). Los resultados de esta investigación permitirán evaluar en qué medida el mercado cacaotero ecuatoriano se aproxima a las condiciones que predice la LPU.

1.3 Asimetría en la transmisión de precios

La asimetría en la transmisión de precios (la posibilidad de que alzas y caídas en el precio de referencia se transmitan con distinta velocidad o magnitud) constituye uno de los hallazgos más robustos y políticamente relevantes de la literatura sobre cadenas agroalimentarias. Meyer y von Cramon-Taubadel (2004), en una revisión exhaustiva que sintetiza más de dos décadas de investigación, identifican tres categorías principales de asimetría. La primera involucra costos de ajuste asimétricos o de menú: si reducir un precio tiene costos distintos a elevarlo, por ejemplo, por razones contractuales o reputacionales, las empresas en la cadena responderán de forma diferenciada ante subidas y bajadas. La segunda categoría corresponde al poder de mercado: un intermediario con posición oligopsónica puede transmitir rápidamente las caídas de precio internacional al productor, pero retener temporalmente los incrementos para maximizar su margen. La tercera categoría involucra asimetrías de inventario: las respuestas difieren según el ciclo de la cadena y el nivel de existencias, generando patrones de ajuste no lineales.

El patrón conocido coloquialmente como "rockets and feathers" (los precios suben como cohetes y bajan como plumas) ha sido documentado en múltiples cadenas agrícolas. Ridha et al. (2022) lo confirman para el cacao indonesio, encontrando que las caídas del precio internacional se transmiten al productor con mayor rapidez e intensidad que los incrementos

equivalentes. Luckstead (2018) identifica patrones similares en la transmisión de tipos de cambio hacia los precios de importación de cacao en Estados Unidos. Staritz et al. (2022), analizando las cadenas de cacao en Costa de Marfil y Ghana, atribuyen la asimetría al poder de fijación de precios (price-

En el contexto ecuatoriano, la asimetría en la transmisión es plausible por varias razones estructurales. Primero, el mercado de compra de cacao en finca está localmente concentrado, con pocos acopiadores que compiten en cada zona productora. Segundo, los productores tienen acceso limitado a la información sobre precios internacionales en tiempo real, lo que dificulta su capacidad de negociación cuando los precios suben. Tercero, la diferenciación entre cacao CCN-51 y Fino de Aroma crea segmentos de mercado con dinámicas de transmisión potencialmente distintas. Cuarto, la estacionalidad de la cosecha crea períodos de exceso de oferta local en los que el poder de negociación del comprador es comparativamente mayor. Estos elementos sugieren que la asimetría, si existe, operaría en perjuicio del productor: caídas rápidamente transmitidas y alzas lentamente trasladadas.

La herramienta econométrica de referencia para modelar la asimetría de transmisión es el modelo Nonlinear Autoregressive Distributed Lag (NARDL), desarrollado por Shin, Yu y Greenwood-Nimmo (2014) como extensión asimétrica del marco ARDL lineal de Pesaran et al. (2001). El NARDL permite estimar de forma separada las respuestas del precio del productor ante variaciones positivas y negativas del precio internacional, mediante la descomposición de la variable de precio en sus sumas parciales positivas (L^+) y negativas (L^-). Esta especificación supera las limitaciones de los modelos de umbral (TAR/MTAR) al ser estimable por mínimos cuadrados ordinarios y al incorporar simultáneamente las dinámicas de corto y largo plazo dentro de un marco unificado (Shin et al., 2014).

1.4 Modelos de cointegración: Engle-Granger y Johansen

El concepto de cointegración, introducido por Granger (1981) y formalizado por Engle y Granger (1987), establece que dos o más series integradas de orden uno pueden combinarse linealmente para producir una serie estacionaria. Esta combinación lineal recibe el nombre de relación de cointegración o de equilibrio de largo plazo. La existencia de cointegración implica que, aunque las series individuales exhiban comportamiento de caminata aleatoria

en el corto plazo, están vinculadas por una fuerza de restauración que las mantiene en una relación proporcional en el largo plazo. En el análisis de transmisión de precios, la cointegración entre el precio internacional y el precio al productor es condición necesaria para afirmar que existe una relación de equilibrio de largo plazo entre ambos mercados (Hamilton, 1994; Enders, 2015).

El procedimiento de dos pasos de Engle y Granger (1987) es el método más directo para verificar la cointegración bivalente. En el primer paso, se estima la ecuación de largo plazo por MCO y se obtienen los residuos de la regresión. En el segundo paso, se aplica una prueba ADF a esos residuos: si los residuos son estacionarios $I(0)$, las series están cointegradas. Aunque este procedimiento es sencillo y robusto en muestras grandes, presenta limitaciones conocidas: supone que el vector de cointegración es único y que la causalidad va de Pint a Pprod. En muestras finitas, estas limitaciones pueden sesgar las inferencias, lo que justifica la verificación adicional mediante métodos multivariantes (Hamilton, 1994).

El test de Johansen (1988) y Johansen y Juselius (1990) supera las limitaciones del método de Engle-Granger al estimar simultáneamente el número de relaciones de cointegración y los vectores de cointegración asociados dentro de un marco de modelo de corrección del error vectorial (VECM). El test de traza evalúa la hipótesis nula de que el rango de cointegración es a lo más r contra la alternativa de que es al menos $r+1$. Dado que el sistema bivalente en análisis (IPint y IPprod) tiene a lo sumo un vector de cointegración, el test de traza para $r=0$ es el estadístico clave. Una limitación conocida del test de Johansen en muestras pequeñas es su baja potencia, lo que puede resultar en no rechazo de la hipótesis nula incluso cuando existe una relación de cointegración real: esta limitación es relevante para la interpretación de los resultados obtenidos en el Capítulo III.

1.5 El modelo NARDL para la asimetría

El modelo NARDL, desarrollado por Shin, Yu y Greenwood-Nimmo (2014) como extensión del marco ARDL de Pesaran et al. (2001), permite cuantificar de forma separada los efectos de largo y corto plazo de las variaciones positivas y negativas de una variable de impulso sobre una variable de respuesta. Su especificación general parte de la descomposición de la variable independiente x_t en sus componentes de variación positiva y negativa acumuladas:

$x^+_t = \sum \max(\Delta x_j, 0)$ y $x^-_t = \sum \min(\Delta x_j, 0)$, donde las sumas se acumulan desde el período inicial hasta el período t . Estos componentes se incorporan en una especificación de rezago distribuido autorregresivo, que puede estimarse por mínimos cuadrados ordinarios bajo los supuestos estándar de exogeneidad débil.

La inferencia sobre asimetría en el NARDL se realiza mediante dos pruebas de Wald. La prueba de Wald de corto plazo evalúa la hipótesis nula de que los coeficientes de corto plazo de x^+ y x^- son iguales, mientras que la prueba de Wald de largo plazo evalúa la igualdad de los multiplicadores de largo plazo asociados a cada componente. Un rechazo de la hipótesis nula de largo plazo implica que la respuesta acumulada del precio del productor a incrementos sostenidos del precio internacional difiere de su respuesta a caídas equivalentes: este es el hallazgo de mayor relevancia política, pues indica que el sesgo distributivo en la cadena tiene un carácter estructural y no meramente transitorio (Shin et al., 2014). La verificación de la existencia de una relación de largo plazo en el NARDL se realiza mediante el bounds test de Pesaran, Shin y Smith (2001), que compara el estadístico F de la regresión de nivel con valores críticos tabulados bajo las hipótesis de que las variables son puramente $I(0)$ o puramente $I(1)$.

Una ventaja significativa del NARDL frente a los modelos de umbral es su capacidad para estimar la asimetría sin necesidad de especificar a priori el punto de umbral, lo que lo hace más parsimonioso y menos susceptible al sobreajuste. Adicionalmente, el NARDL permite calcular multiplicadores dinámicos que muestran la trayectoria temporal del ajuste asimétrico tras un choque positivo o negativo de precio, facilitando la interpretación gráfica de los resultados. En el contexto de la cadena cacaotera ecuatoriana, estos multiplicadores permiten visualizar con precisión en cuántos meses el productor ve reflejado en su precio un incremento internacional, frente a cuántos meses tarda en absorber una caída equivalente.

1.6 Estabilidad estructural y quiebres en las relaciones de precio

La estabilidad de los parámetros en las relaciones de transmisión de precios es un supuesto implícito de los modelos lineales, que puede ser violado por cambios estructurales en el entorno del mercado. Un quiebre estructural se produce cuando las condiciones que gobiernan la relación entre precios cambian de manera permanente o transitoria como

resultado de choques exógenos, reformas institucionales, o cambios en la estructura del mercado. En el caso del cacao ecuatoriano, el período 2016–2025 incluye al menos un evento candidato a quiebre estructural: el boom histórico de 2023–2024, durante el cual los precios internacionales se triplicaron en menos de dieciocho meses, un movimiento sin precedentes en la serie histórica del ICCO (ICCO, 2024).

Las pruebas de estabilidad estructural utilizadas en esta investigación incluyen tres enfoques complementarios. El test de Chow (1960) evalúa la hipótesis nula de estabilidad de los parámetros en un punto de quiebre conocido a priori, que en este estudio corresponde a julio de 2023, inicio del período de escalada de precios. El algoritmo de Bai y Perron (1998) extiende el test de Chow al caso de quiebres múltiples y desconocidos, estimando simultáneamente el número y la localización de los puntos de cambio estructural mediante minimización de la suma de residuos cuadrados con criterios de información. Los tests CUSUM y CUSUM² de Brown, Durbin y Evans (1975) evalúan la estabilidad acumulativa de los residuos del ECM a lo largo del tiempo, permitiendo detectar inestabilidades graduales que los tests de punto de quiebre pueden pasar por alto.

La correcta interpretación de los resultados de estabilidad es metodológicamente importante. Un resultado de no quiebre óptimo en el algoritmo de Bai-Perron (es decir, que el criterio de información BIC selecciona $m=0$ quiebres) no implica que el período de boom no haya tenido efectos sobre la dinámica de transmisión, sino que dichos efectos no fueron lo suficientemente persistentes como para constituir un quiebre estructural en el sentido formal del término. En consecuencia, el análisis debe complementarse con la prueba de Chow en un punto de quiebre específico y con los gráficos de regresión rodante, que permiten visualizar la evolución temporal de los parámetros clave (Enders, 2015).

1.7 El mercado mundial del cacao: estructura y formación de precios

El mercado mundial del cacao es un mercado de commodity con características particulares que condicionan la dinámica de formación y transmisión de precios. La oferta mundial está altamente concentrada geográficamente: Costa de Marfil y Ghana, los dos principales productores, aportan conjuntamente alrededor del 60 por ciento de la producción mundial de grano de cacao, y su dinámica climática y política tiene efectos determinantes sobre los

precios internacionales (ICCO, 2024; Staritz et al., 2022). Ecuador, aunque modesto en términos de volumen, representa entre el 5 y el 7 por ciento de la producción mundial total,, ocupa un lugar estratégico en el segmento del cacao fino de aroma, donde su participación supera el 60 por ciento (ProEcuador, 2023).

El ICCO Composite Price, que constituye el precio de referencia internacional utilizado en este estudio, se calcula diariamente a partir de las cotizaciones de los contratos de futuros de cacao en las bolsas de Londres (ICE Futures Europe) y Nueva York (ICE Futures U.S.), ponderadas por los volúmenes negociados. Este precio refleja las expectativas del mercado sobre la oferta y demanda futuras de cacao, e incorpora información sobre condiciones climáticas en zonas productoras, niveles de existencias mundiales, evolución de la demanda de productos derivados del cacao (especialmente chocolate) y comportamiento de los operadores financieros que participan en los mercados de futuros (ICCO, 2024; World Bank, 2024). La periodicidad diaria de este precio, promediada mensualmente para los fines de esta investigación, proporciona una señal de alta frecuencia sobre las condiciones del mercado mundial.

La transmisión del precio ICCO hacia los mercados locales de los países productores pasa por múltiples filtros institucionales y logísticos. En primer lugar, los contratos de exportación negociados entre las empresas exportadoras ecuatorianas y los compradores internacionales (típicamente multinacionales chocolateras o tradings) se establecen con meses de anticipación, introduciendo un rezago estructural entre el precio ICCO y el precio pagado al exportador. En segundo lugar, el diferencial de calidad entre el cacao fino de aroma ecuatoriano y el cacao corriente de África Occidental genera una prima o descuento que puede variar en el tiempo según las condiciones de la demanda en el mercado del chocolate de alta gama. En tercer lugar, los costos de transporte, certificación y procesamiento post-cosecha afectan el precio neto que llega al productor en finca (Kaestner et al., 2026; ANECACAO, 2023).

1.8 La cadena de valor del cacao en Ecuador

La cadena de valor del cacao ecuatoriano comprende, desde la producción hasta la exportación, cinco eslabones principales: los productores en finca (aproximadamente

100.000 unidades productivas, mayoritariamente pequeñas con superficies de 3 a 10 hectáreas), los acopiadores locales que compran el cacao en finca o en centros de acopio rurales, los intermediarios regionales o comerciantes que agregan volumen y realizan un primer procesamiento básico, las exportadoras o empresas chocolateras que procesan, clasifican y exportan, y los importadores y chocolateros internacionales que determinan los parámetros finales de calidad y precio (MAG, 2023; Díaz-Montenegro et al., 2018). Esta estructura de intermediación de múltiples niveles es el contexto en el que se produce la transmisión de precios que analiza esta investigación.

El cacao ecuatoriano se comercializa principalmente en dos variedades con mercados y precios diferenciados. El cacao CCN-51, introducido en los años setenta como variedad de alta productividad, representa actualmente la mayor parte de la producción en volumen y se cotiza en el mercado internacional a precios más cercanos al cacao convencional de África Occidental, aunque con un diferencial positivo por su procedencia ecuatoriana. El cacao Nacional o Fino de Aroma, históricamente identificado con el cacao ecuatoriano de alta calidad, obtiene primas significativas en los mercados especializados y es el principal referente de la reputación cacaotera del país. La distinción entre estas dos variedades es relevante para el análisis de precios, pues sus dinámicas de transmisión pueden diferir: el CCN-51 está más directamente indexado al mercado de futuros ICCO, mientras que el precio del Fino de Aroma incorpora componentes de diferenciación que pueden amortiguar parcialmente la volatilidad internacional (Villacis et al., 2022; Rueda et al., 2018).

El período 2016–2025 contemplado en esta investigación abarca ciclos de precios de gran amplitud. Tras un período de precios relativamente moderados entre 2016 y 2022 (rango 2,03–2,97 USD/kg), el mercado experimentó una escalada sin precedentes entre mediados de 2023 y principios de 2024, impulsada por el fenómeno climático El Niño en África Occidental y por reducciones de existencias a mínimos en cuatro décadas (ICCO, 2024). El precio ICCO alcanzó 10,71 USD/kg en el primer trimestre de 2024, más de tres veces el nivel de 2022. Para los productores ecuatorianos, este boom representó una oportunidad histórica de incremento de ingresos, pero también plantea la pregunta clave de esta investigación: ¿en qué proporción se trasladó ese incremento al precio en finca, y con qué rezago?

1.9 Antecedentes empíricos

Los estudios empíricos sobre transmisión de precios en el cacao se concentran predominantemente en África Occidental, el mayor polo de producción mundial. Kaestner, Bensch y Vance (2026) aplican modelos dinámicos de precios para Costa de Marfil y documentan una transmisión asimétrica donde las caídas internacionales se trasladan rápidamente al productor mientras los incrementos son parcialmente retenidos por los eslabones intermedios. En Ghana, Staritz, Tröster, Grumiller y Maile (2022) analizan el poder de fijación de precios en la cadena global de valor y concluyen que los actores locales, incluyendo los productores, tienen escasa capacidad de influir en el

Para Indonesia, tercer productor mundial de cacao,, Ridha, Firdaus y Sahara (2022) aplican específicamente el modelo NARDL y confirman el patrón de transmisión asimétrica: las caídas internacionales se transmiten con mayor rapidez e intensidad al precio del productor que los incrementos equivalentes. Este hallazgo es consistente con la hipótesis de poder de mercado oligopsónico en la etapa de acopio local. Luckstead (2018), en un contexto metodológicamente diferente, examina la asimetría en la transmisión del tipo de cambio hacia los precios de importación de cacao en Estados Unidos, encontrando también patrones no lineales en la respuesta de los precios. Para Colombia, país vecino con una cadena cacaotera con similitudes estructurales a la ecuatoriana, Olarte-Libreros, Rojas-Mora, Guerrero-Sierra, Niño y De la Peña (2025) documentan que los choques internacionales de oferta tienen efectos diferenciados sobre los distintos estratos de productores según su acceso a mercados e información.

En el contexto ecuatoriano, los estudios disponibles han abordado mayormente dimensiones cualitativas o de bienestar sin aplicar metodologías de series de tiempo a la transmisión de precios. Villacis et al. (2022) examinan la relación entre calidad, variedad y precio en la cadena cacaotera ecuatoriana, encontrando que la diferenciación por calidad del cacao Fino de Aroma no se traduce necesariamente en primas de precio estables para el productor. Rueda, Paz, Gibbs-Plessl, Leon, Moyano y Lambin (2018) analizan las estrategias de intensificación y abandono del cultivo entre productores de cacao en Ecuador, documentando la vulnerabilidad de los pequeños agricultores a la volatilidad de precios sin contar con herramientas de gestión del riesgo. Díaz-Montenegro et al. (2018) estudian las estrategias de medios de vida y la combinación de activos entre productores cacaoteros ecuatorianos,

identificando que la diversificación de ingresos es una respuesta racional a la incertidumbre de precios. Jami y Barrionuevo (2024) estiman la elasticidad de la oferta de cacao ecuatoriano para el período 2014–2024, encontrando respuestas significativas pero rezagadas ante variaciones de precio.

La convergencia de estos antecedentes señala una brecha de investigación precisa: ningún estudio previo aplica metodologías de series de tiempo (cointegración, ECM, NARDL) a la dinámica específica de transmisión de precios entre el mercado internacional ICCO y el productor ecuatoriano de cacao, utilizando datos de alta frecuencia para el período más reciente, que incluye el boom histórico de 2023–2024. Este estudio busca llenar esa brecha, contribuyendo tanto a la literatura empírica sobre transmisión de precios en mercados de commodities como a la base de evidencia disponible para la formulación de política pública en el sector cacaotero ecuatoriano.

1.10 Posicionamiento teórico y operacionalización de variables

Este estudio se posiciona en la tradición neoinstitucionalista de la economía agraria, que reconoce la importancia de las fricciones de mercado (costos de transacción, asimetrías de información, estructuras de poder) como determinantes de la inequidad en las cadenas de valor agroalimentarias. A diferencia del paradigma neoclásico estricto, que postula la convergencia automática de precios vía arbitraje, el marco teórico adoptado asume que la transmisión de precios es un proceso dinámico moldeado por instituciones, infraestructura y relaciones de poder, y que puede ser incompleta y asimétrica de manera persistente sin que ello implique irracionalidad de los agentes, sino reflejo de las condiciones estructurales del mercado (Meyer y von Cramon-Taubadel, 2004; Rapsomanikis et al., 2003).

Las variables centrales del estudio se definen operacionalmente de la siguiente manera. La variable dependiente, IP_{prod} , corresponde al logaritmo natural del precio promedio mensual al productor ecuatoriano de cacao (USD/kg), construido a partir de los registros provinciales de precios del Sistema de Información y Pronóstico de Precios Agropecuarios (SIPA) del MAG, promediados como media simple de los registros provinciales disponibles para cada mes (la media ponderada por producción se empleó como verificación de robustez, con una diferencia MAD de 1,98%). La variable independiente, IP_{int} , corresponde al logaritmo

natural del ICCO Composite Price mensual promedio (USD/kg), obtenido de las publicaciones diarias del ICCO y promediado mensualmente. El uso de la transformación logarítmica permite interpretar los coeficientes directamente como elasticidades-precio y estabiliza la varianza de series con marcada heteroscedasticidad. El período de análisis comprende 120 observaciones mensuales desde enero de 2016 hasta diciembre de 2025, lo que proporciona un tamaño muestral suficiente para la estimación confiable de los modelos empleados (Enders, 2015).

1.11 Sistemas de información de precios agrícolas: experiencias internacionales

Los sistemas de información de precios agrícolas (SIPA, por su sigla genérica) han proliferado en las últimas dos décadas como respuesta de política pública a las fallas de información que caracterizan los mercados agrícolas en países en desarrollo. Estos sistemas recogen, procesan y difunden precios en distintos eslabones de la cadena de valor (producción, acopio, mayoreo, exportación) con el fin de reducir los costos de transacción asociados a la búsqueda de información y de fortalecer la posición negociadora de los actores con menor acceso a datos, que en la mayoría de los casos son los productores primarios. La FAO (2022) documenta que los SIPA bien diseñados y sostenidos pueden reducir los márgenes de intermediación en un 10 a 20 por ciento en los primeros años de operación, al permitir a los productores comparar precios entre compradores y rechazar ofertas por debajo del precio de mercado.

Las experiencias internacionales más documentadas en la literatura incluyen el sistema de información de precios del maíz en Kenia (e-Granary), el sistema ESOKO en Ghana para el cacao y otros cultivos de exportación, y el portal de precios agrícolas AMIS (Agricultural Market Information System) coordinado por el G-20 a nivel global. El caso de ESOKO es particularmente relevante para el SIMCAT: implementado entre 2008 y 2014 con apoyo del gobierno ghanés y financiamiento internacional, difundía precios de cacao, maíz y otros productos mediante SMS, aplicación móvil y centros de información rurales. Evaluaciones de impacto del programa documentaron una reducción de la dispersión de precios entre zonas productoras y una mejora estadísticamente significativa en los precios obtenidos por los productores en las áreas cubiertas, con efectos más marcados en las zonas más remotas donde la asimetría de información era mayor (Waarts et al., 2021).

En América Latina, los sistemas de información agrícola con componente de precios incluyen el SIAP de México (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera), el SIPSA de Colombia (Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario) y el Sistema de Información de Mercados Agrícolas del Ecuador (SIPA-MAG), que es precisamente una de las dos fuentes primarias de esta investigación. Sin embargo, una limitación común a estos sistemas es que se concentran en el registro histórico de precios y en la difusión de estadísticas agregadas, sin incorporar análisis econométrico en tiempo real que permita identificar desviaciones sistemáticas de las relaciones de equilibrio de largo plazo. El SIMCAT propuesto en el Capítulo IV busca superar esta limitación integrando el análisis de cointegración y el ECT como base técnica de sus alertas, lo que representa una innovación metodológica respecto a los sistemas de información agrícola existentes en el país.

La efectividad de los sistemas de información de precios depende de varios factores críticos de diseño e implementación que la literatura identifica de forma consistente. El primero es la frecuencia de actualización: los precios de commodities con alta volatilidad (como el cacao en el período 2023–2024) requieren actualizaciones diarias o semanales para ser realmente útiles en la toma de decisiones de venta. El segundo factor es la accesibilidad: los canales de difusión deben adaptarse al perfil tecnológico de los usuarios finales, que en el caso de los productores rurales ecuatorianos implica priorizar el SMS y la radio sobre aplicaciones móviles que requieren smartphones con datos. El tercer factor es la interpretabilidad: la información debe presentarse de forma comprensible para personas con diferentes niveles de alfabetización económica, lo que exige un esfuerzo de traducción del lenguaje técnico a indicadores simples y visuales. El cuarto factor es la credibilidad institucional: los productores adoptarán el sistema solo si confían en la entidad que lo opera y en la metodología de construcción de los indicadores. Estos cuatro factores han sido incorporados en el diseño del SIMCAT y fueron valorados positivamente por el panel de expertos en el proceso de validación del Capítulo V.

1.12 La equidad distributiva en la cadena de valor del cacao

La distribución del valor creado en las cadenas agroalimentarias entre los distintos actores (productores, intermediarios, procesadoras, exportadoras, importadoras, distribuidoras y minoristas) es una dimensión central del análisis del desarrollo rural y de la seguridad

alimentaria. La conceptualización de Sen (1999) sobre el desarrollo como libertad establece que el acceso de los productores a los frutos de su trabajo (incluyendo el derecho a recibir un precio justo por sus productos) es un componente fundamental de la libertad económica y del desarrollo humano. Esta perspectiva conecta el análisis técnico de la transmisión de precios con el debate normativo sobre equidad distributiva en las cadenas de valor globales.

La literatura sobre cadenas de valor globales (GVC, por sus siglas en inglés) ha documentado extensamente que los productores primarios en países en desarrollo capturan típicamente una fracción pequeña del valor final de los commodities que producen. Para el cacao, estimaciones del World Bank (2026) sugieren que el agricultor en finca captura en promedio entre el 4 y el 8 por ciento del precio final del chocolate que consume el comprador en un mercado desarrollado, con variaciones importantes según la calidad del producto, el mercado de destino y la estructura de la cadena local. En el caso ecuatoriano, la ratio $P_{prod}/P_{int} = 0,82$ estimada en esta investigación indica una participación relativamente más favorable en el precio del grano, pero esta comparación no considera los márgenes adicionales capturados en el procesamiento y la manufactura del chocolate.

La diferenciación del cacao ecuatoriano como producto de alta calidad (especialmente el Fino de Aroma) abre la posibilidad de capturar mayor valor en la cadena mediante estrategias de diferenciación, certificación y comercio directo con chocolateros artesanales internacionales. Sin embargo, Villacis et al. (2022) y Kuhn et al. (2023) documentan que estas primas de calidad no se distribuyen de forma automática o equitativa entre los productores: las asimetrías de información sobre los mercados de especialidad, los requisitos de certificación costosos y la concentración de las relaciones comerciales directas en pocas cooperativas de productores limitan el acceso de la mayoría de los pequeños agricultores a estos mercados. En este contexto, el SIMCAT puede jugar un rol complementario al de las iniciativas de diferenciación: mientras estas buscan aumentar el precio de referencia del cacao ecuatoriano en el mercado internacional, el SIMCAT busca garantizar que ese precio, sea cual sea, se transmita de forma más completa y equitativa al productor en finca.

La dimensión de género en la distribución del valor de la cadena cacaotera ecuatoriana añade una capa adicional de complejidad. Kuhn et al. (2023) documentan que las mujeres productoras de cacao en Ecuador enfrentan barreras adicionales de acceso a información de

mercado y de participación en las estructuras de comercialización, lo que puede exacerbar la asimetría de información en su perjuicio. Un sistema de difusión de precios como el SIMCAT que llegue efectivamente a productoras (mediante SMS, radio y redes de organizaciones de mujeres cacaoteras) puede contribuir a reducir esta brecha de género en el acceso a información de mercado, reforzando los objetivos de equidad de género de la política agrícola ecuatoriana.

1.13 Operacionalización de conceptos: la transmisión de precios como variable de estudio

Cuadro 1.13. Operacionalización de variables: dimensiones analíticas de la transmisión de precios

Dimensión analítica	Definición conceptual	Indicador	Modelo / Método	Valor estimado	H
Magnitud de la transmisión	Proporción del cambio en Pint que se traslada a Pprod en el largo plazo	Elasticidad LP (β)	MCO — Engle-Granger	$\beta=1,018$; Test $\beta=1$: $p=0,195$	H1
Velocidad de la transmisión	Rapidez con que el sistema retorna al equilibrio LP tras un choque de precio	Coef. ECT (λ); vida media (h)	ECM; VECM Johansen	$\lambda=-0,1996$; $h=3,11$ meses	H1
Simetría de la transmisión	Igualdad entre la respuesta a alzas y caídas del precio internacional	Multiplicadores LP (L^+ , L^-); Wald LP	NARDL — Shin et al. (2014)	$L^+=1,029$; $L^-=1,082$; $p \approx 2,1 \times 10^{-26}$	H2
Estabilidad estructural	Invarianza temporal de los parámetros de transmisión (2016–2025)	F Chow; CUSUM; m Bai-Perron	Chow; CUSUM recursivo; Bai-Perron	Chow $p=0,066$; CUSUM estable; $m=0$	H3

Nota: H = Hipótesis de la investigación; LP = largo plazo; CP = corto plazo. Elaboración propia sobre la base de Shin, Yu & Greenwood-Nimmo (2014) y Meyer & von Cramon-Taubadel (2004).

1.14 Economía política de la intermediación agrícola en Ecuador

La comprensión de la transmisión de precios no puede separarse del análisis de la economía política de la intermediación agrícola, es decir, del conjunto de relaciones de poder, incentivos y restricciones que determinan el comportamiento de los actores en los diferentes eslabones de la cadena de valor. En el caso del cacao ecuatoriano, la estructura de la intermediación ha sido moldeada por décadas de política agrícola que alternaron entre la regulación estatal directa (con el INIAP y el Banco Nacional de Fomento como actores centrales hasta los años ochenta) y la liberalización de los noventa, que transfirió al sector

privado la comercialización sin construir las instituciones complementarias de información, regulación de competencia y acceso a financiamiento que la teoría económica identifica como condiciones necesarias para que los mercados funcionen eficientemente.

La fragmentación de la oferta es la característica estructural que más influye en la economía política de la intermediación cacaotera ecuatoriana. Con aproximadamente 250.000 productores, el tamaño medio de las fincas cacaoteras es de 4,2 hectáreas y la producción individual media no supera las 0,8 toneladas métricas por año (ANECACAO, 2023). Esta atomización extrema de la oferta contrasta con la concentración en el lado de la demanda: según datos del BCE (2024), las cinco principales empresas exportadoras concentraron el 67 por ciento de las exportaciones de cacao en grano en 2023. Esta asimetría estructural (muchos productores pequeños frente a pocos compradores grandes) crea las condiciones para el ejercicio de poder de mercado en perjuicio del productor, que es el mecanismo subyacente al sesgo de asimetría documentado empíricamente en este estudio.

Los intermediarios de primer nivel (conocidos localmente como "cosechadores" o "acopiadores de primer piso") son el eslabón menos estudiado y posiblemente el más determinante para la transmisión de precios al productor. Operan en las zonas rurales de producción, compran directamente al productor sin pesaje certificado en muchos casos, y revenden a los centros de acopio de las cooperativas o directamente a los exportadores. Sus márgenes son difíciles de estimar por la informalidad de sus operaciones, pero estudios de caso en Guayas y Los Ríos sugieren que capturan entre el 8 y el 15 por ciento del precio de finca como diferencial entre el precio de compra al productor y el de venta al siguiente eslabón. Este margen de intermediación (que en términos absolutos puede representar entre USD 200 y USD 400 por tonelada) no es en sí mismo evidencia de comportamiento anticompetitivo, ya que incluye costos legítimos de transporte, almacenamiento y financiamiento del capital de trabajo. Sin embargo, la opacidad del proceso de formación de este margen y la asimetría de información entre el acopiador y el productor crean espacio para la extracción de rentas informacionales que el SIMCAT busca reducir.

La aparición de las cooperativas de productores como actores intermediarios alternativos ha moderado en parte estos problemas en las zonas donde logran operar de forma efectiva. Cooperativas como Cooperativa El Guabo, Fortaleza del Valle y UNOCACE han demostrado

que es posible agregar oferta, certificar calidad, acceder a mercados de comercio justo y negociar precios con importadores directos, generando primas que se distribuyen entre sus socios. Sin embargo, su cobertura es aún limitada: se estima que menos del 20 por ciento de los productores de cacao en Ecuador pertenecen a una organización de productores activa (Jami & Barrionuevo, 2024). La expansión del alcance de estas organizaciones y el fortalecimiento de su capacidad técnica y financiera son condiciones necesarias para que los beneficios del SIMCAT se extiendan más allá del productor individual informado hacia el conjunto del sector.

La economía política de la certificación de calidad agrega una dimensión adicional de complejidad. El cacao de origen ecuatoriano puede acceder a tres categorías de precios distintas según su calidad y certificación: el precio spot del ICCO para grano ordinario, la prima de calidad para el cacao Fino de Aroma sin certificar, y las primas adicionales del comercio justo (Fair Trade) y de la certificación orgánica para el cacao que cumple los estándares correspondientes. Las diferencias de precio entre estas tres categorías son significativas: en el período 2020–2023, el cacao Fino de Aroma sin certificar se cotizó en promedio un 15 por ciento por encima del precio ICCO, y el cacao con certificación Fairtrade-orgánica alcanzó primas adicionales del 20 al 30 por ciento sobre el grano no certificado (Staritz, 2022). Sin embargo, el acceso a estas primas requiere inversiones en certificación que pueden superar los USD 2.000 anuales para una cooperativa pequeña, lo que actúa como barrera de entrada y concentra el acceso a los mercados de especialidad en las organizaciones con mayor capital financiero y humano.

1.15 Marco conceptual integrador de la investigación

El marco conceptual que integra los elementos teóricos revisados en este capítulo puede articularse como una cadena causal que conecta la estructura del mercado internacional del cacao con el bienestar del productor ecuatoriano, pasando por los mecanismos de transmisión de precios y las intervenciones de política que esta investigación analiza y propone. En el nivel más agregado, el precio internacional del cacao (IPint) está determinado por la dinámica global de oferta y demanda, los flujos de inversión financiera en el mercado de futuros de la ICE, los eventos climáticos en los países productores africanos (especialmente el fenómeno ENSO que afecta simultáneamente a Costa de Marfil, Ghana y Ecuador), y los cambios en

las preferencias de consumo en los mercados del Norte Global. Ecuador, como pequeño productor que representa aproximadamente el 6 por ciento de la producción mundial pero el 60 por ciento del cacao Fino de Aroma certificado (ICCO, 2024), es tomador de precios en el sentido agregado aunque tiene algún poder de diferenciación en el segmento de especialidad.

En el nivel meso, el mecanismo de transmisión de precios determina cómo y con qué eficiencia el precio internacional se transforma en precio al productor en finca. Esta transmisión está mediada por la estructura de la intermediación, número de eslabones, concentración de los compradores, costos de transacción, el acceso a información de precios por parte del productor, la capacidad de negociación de los actores, y las condiciones de los contratos de compra-venta vigentes. Los parámetros β (elasticidad de largo plazo), λ (velocidad de ajuste), L^+ y L^- (multiplicadores asimétricos) son las medidas cuantitativas de este mecanismo de transmisión que esta investigación estima. En el nivel micro, el precio que efectivamente recibe el productor (IPprod) determina sus ingresos brutos y, junto con los costos de producción, su rentabilidad neta y su capacidad de reinversión en la finca, de cubrir las necesidades básicas del hogar y de participar en la economía local. La transmisión incompleta y asimétrica reduce estructuralmente los ingresos del productor respecto a lo que recibiría en un mercado perfectamente competitivo e informado, generando una pérdida de bienestar cuya magnitud varía con el ciclo del precio internacional y con la fase del ajuste.

El SIMCAT se ubica en la interfase entre el nivel meso y el nivel micro del marco conceptual: busca modificar las condiciones del mecanismo de transmisión (aumentando la información disponible para el productor y reduciendo la asimetría informacional con el intermediario) para mejorar el resultado en el nivel micro sin alterar la estructura del mercado internacional en el nivel macro. Esta intervención focalizada en la información es coherente con los principios de la economía del desarrollo contemporánea que, siguiendo la tradición de Sen (1999), enfatiza el rol de las libertades instrumentales (incluyendo el acceso a información económica) como habilitadores del desarrollo humano.

CAPÍTULO II: DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 Paradigma científico y tipo de investigación

La presente investigación se enmarca en el paradigma cuantitativo-positivista de las ciencias económicas. El positivismo, como paradigma epistemológico, sostiene que el conocimiento científico se obtiene mediante la observación empírica de fenómenos medibles y la verificación de hipótesis mediante métodos estadísticos formales (Enders, 2015). Este posicionamiento es coherente con la naturaleza del objeto de estudio (la dinámica temporal de precios agrícolas) y con los instrumentos metodológicos empleados, todos ellos pertenecientes a la econometría de series de tiempo, rama que aplica métodos estadísticos rigurosos a datos observacionales de naturaleza temporal.

En términos de tipo de investigación, el estudio es de carácter cuantitativo, longitudinal y explicativo. Cuantitativo porque trabaja con series numéricas de precios observados, aplicando pruebas estadísticas con criterios formales de inferencia. Longitudinal porque examina la evolución de las variables a lo largo del tiempo, 120 observaciones mensuales durante diez años, lo que permite identificar dinámicas que no serían detectables en un corte transversal. Explicativo porque no se limita a describir la relación entre los precios, sino que busca cuantificar la dirección, magnitud, velocidad y simetría de la transmisión, así como identificar sus determinantes estructurales. El diseño no experimental: no existe manipulación de variables, sino observación y análisis de datos generados por el propio funcionamiento del mercado (Hamilton, 1994).

2.2 Fuentes de datos y construcción de la serie mensual

La investigación utiliza datos secundarios mensuales procedentes de dos fuentes institucionales de libre acceso. La primera fuente es el International Cocoa Organization (ICCO), que publica diariamente el ICCO Composite Price en USD por tonelada métrica. Para la construcción de la serie mensual de precio internacional (Pint), se promediaron las cotizaciones diarias disponibles de cada mes y se convirtieron a USD/kg dividiendo entre 1.000, obteniendo una serie con rango observado de 2,034 a 10,709 USD/kg para el período enero 2016–diciembre 2025. La segunda fuente es el Sistema de Información y Pronóstico de Precios Agropecuarios (SIPA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG), que registra precios al productor en USD/kg para las provincias productoras de

cacao. Para construir la serie mensual de precio al productor (Pprod), se calculó la media simple de los registros provinciales disponibles para cada mes, sin requerir conversión de unidades adicional.

La validación de la representatividad de la serie construida se realizó mediante dos estadísticos. Primero, la desviación media absoluta porcentual (MAD) entre la media simple y la media ponderada por producción resultó de 1,98 por ciento, un margen menor al cinco por ciento aceptable en la literatura de construcción de índices de precios. Segundo, el coeficiente de correlación de Pearson entre las dos series alternativas fue de 0,9988, confirmando que ambas capturan esencialmente la misma señal de precio con diferencias cuantitativamente menores. La serie final cubre 120 observaciones mensuales, desde enero de 2016 hasta diciembre de 2025, con precio al productor en un rango de 1,466 a 9,010 USD/kg. El margen productor/internacional promedio a lo largo del período es de 0,82, lo que indica que el productor ecuatoriano recibe en promedio el 82 por ciento del precio internacional de referencia ICCO.

Todas las variables de análisis se transformaron a logaritmos naturales (IPint y IPprod) para estabilizar la varianza y permitir la interpretación directa de los coeficientes como elasticidades. El manejo de fechas duplicadas en la base de datos MAG-SIPA (detectadas para los registros del 15 de diciembre de 2023 y del 9 de enero de 2024) se resolvió promediando los registros disponibles para cada fecha duplicada. La construcción y validación de la serie fue realizada en el entorno de programación estadística R (versión 4.3), utilizando los paquetes `readxl`, `dplyr`, `lubridate`, `ggplot2` y `zoo`, garantizando la reproducibilidad completa del proceso de construcción de datos.

2.3 Hipótesis de investigación

La investigación plantea tres hipótesis específicas, derivadas del marco teórico y de la revisión de la literatura empírica. La primera hipótesis (H1) postula que existe una relación de cointegración de largo plazo entre IPint y IPprod, con una elasticidad de transmisión β estadísticamente indistinguible de la unidad, resultado consistente con los requisitos de la Ley del Precio Único en el largo plazo. La segunda hipótesis (H2) plantea que la transmisión de precios es asimétrica en el largo plazo: las variaciones negativas del precio internacional

generan una respuesta mayor en el precio al productor que las variaciones positivas de igual magnitud, en perjuicio del productor. La tercera hipótesis (H3) plantea que el período de auge de precios 2023–2024 pudo haber introducido perturbaciones transitorias en los parámetros de la relación de transmisión. Esta hipótesis se verifica mediante el test de Chow y el algoritmo de Bai-Perron, cuyos resultados determinan si la dinámica de transmisión se mantuvo estable a lo largo del período de análisis. Estas tres hipótesis son verificables mediante los procedimientos econométricos descritos a continuación y son respondidas en el Capítulo III de este trabajo.

2.4 Métodos estadísticos

2.4.1 Pruebas de raíz unitaria

Para verificar el orden de integración de las series IP_{int} y IP_{prod} , se emplean de forma complementaria el test Augmented Dickey-Fuller (ADF) de Dickey y Fuller (1979) y el test KPSS de Kwiatkowski et al. (1992). El ADF contrasta la hipótesis nula de presencia de raíz unitaria (serie no estacionaria) contra la alternativa de estacionariedad, incluyendo términos de rezago para corregir la autocorrelación serial de los residuos. El número de rezagos se selecciona mediante el criterio de información de Schwarz (BIC). El KPSS complementa el ADF invirtiendo las hipótesis: su nula es la estacionariedad, de modo que el rechazo simultáneo de la nula ADF y el no rechazo de la nula KPSS proporciona evidencia concordante sobre la presencia de raíz unitaria. Las pruebas se aplican a las series en niveles y en primeras diferencias. Se confirma la integración $I(1)$ cuando las series en niveles exhiben raíz unitaria según ambos tests y las primeras diferencias resultan estacionarias.

2.4.2 Cointegración de Engle-Granger y ECM

Verificada la condición $I(1)$, se estima la ecuación de largo plazo $IP_{prod_t} = \alpha + \beta \cdot IP_{int_t} + \varepsilon_t$ por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) con errores estándar robustos a heteroscedasticidad y autocorrelación (HAC Newey-West, 1987) para garantizar la validez de la inferencia bajo no-normalidad de los residuos. La cointegración se verifica aplicando el test ADF a los residuos de esta regresión. Sobre los residuos estandarizados como término de corrección del error (ECT_{t-1}), se estima el modelo de corrección del error dinámico: $\Delta IP_{prod_t} = \delta + \gamma \cdot \Delta IP_{int_t} + \lambda \cdot ECT_{t-1} + u_t$, donde λ (esperado negativo y significativo)

mide la velocidad de ajuste al equilibrio de largo plazo. La vida media del desequilibrio, que indica cuántos meses tarda en absorberse la mitad de un choque de precio, se calcula como $h = -\ln(2)/\ln(1+\lambda)$. Como verificación multivariante, se estima el VECM de Johansen con los estadísticos de traza y máximo valor propio, utilizando los valores críticos de Johansen y Juselius (1990).

2.4.3 Modelo NARDL

Para examinar la asimetría en la transmisión de precios, se estima el modelo NARDL según la especificación de Shin, Yu y Greenwood-Nimmo (2014). La variable IP_{int} se descompone en sus sumas parciales positiva (IP_{int}^+) y negativa (IP_{int}^-). La selección del número óptimo de rezagos para los componentes de corto plazo sigue el criterio BIC. La existencia de una relación de largo plazo bajo asimetría se verifica mediante el bounds test de Pesaran, Shin y Smith (2001): el estadístico F se compara con las bandas de valores críticos $I(0)$ e $I(1)$ al uno, cinco y diez por ciento. La asimetría de corto plazo y largo plazo se evalúa con las pruebas de Wald correspondientes. Los multiplicadores dinámicos asimétricos se grafican para ilustrar la trayectoria diferenciada de ajuste ante choques positivos y negativos del precio internacional.

2.4.4 Estabilidad estructural

La estabilidad de los parámetros del ECM se evalúa mediante tres procedimientos. El test de Chow (1960) se aplica con punto de quiebre en julio de 2023, definido como el inicio del período de escalada histórica de precios. El algoritmo de Bai y Perron (1998) busca de forma no paramétrica hasta cinco quiebres potenciales en la relación $IP_{prod} \sim IP_{int}$, seleccionando el número óptimo de quiebres mediante el criterio BIC. Los tests CUSUM y CUSUM² de Brown, Durbin y Evans (1975) monitorizan la acumulación de residuos recursivos del ECM para detectar desplazamientos graduales en los parámetros. La regresión rodante de 24 meses permite visualizar la evolución temporal de β a lo largo del período de análisis. Todos los análisis estadísticos se realizan en R, con los paquetes *urca*, *vars*, *ARDL*, *strucchange* y *sandwich*.

2.5 Consideraciones sobre la robustez de los resultados

El análisis de robustez de los resultados es un componente metodológico esencial en la investigación econométrica aplicada, que permite evaluar en qué medida las conclusiones dependen de los supuestos o especificaciones específicas adoptadas. En el contexto de este estudio, se adoptan tres estrategias de robustez. La primera consiste en la comparación entre los resultados del ECM univariante y el VECM multivariante: si ambos modelos producen estimaciones cualitativamente similares del mecanismo de corrección del error, la evidencia es más robusta que si solo uno de los modelos arroja resultados significativos. La segunda estrategia es la verificación del bounds test NARDL como evidencia adicional de cointegración, independiente del test de Engle-Granger: la convergencia de estos dos tests con supuestos diferentes refuerza la conclusión sobre la relación de largo plazo. La tercera estrategia es el uso de errores estándar HAC Newey-West en todas las regresiones, que garantizan la validez de la inferencia bajo heteroscedasticidad y autocorrelación serial, condiciones frecuentes en series de precios de commodities.

Una limitación metodológica reconocida de este estudio es que los resultados se basan en datos agregados nacionales para el precio al productor, contruidos como promedio ponderado de precios provinciales. Esta agregación puede enmascarar heterogeneidad regional importante: es posible que la transmisión de precios sea significativamente diferente en provincias con alta densidad de intermediarios que en zonas con mayor presencia de cooperativas de productores o con acceso directo a plantas de exportación. Estudios futuros que trabajen con datos desagregados por provincia o por eslabón de la cadena podrán contrastar esta hipótesis y proporcionar evidencia más granular para la focalización de las intervenciones de política pública. Adicionalmente, el análisis de panel con datos provinciales permitiría controlar por efectos fijos geográficos y temporales, aumentando la precisión de las estimaciones.

La selección del período de análisis enero 2016–diciembre 2025 responde a la disponibilidad de datos consistentes del MAG-SIPA y a la decisión de incluir el boom de precios de 2023–2024, que representa el evento de mayor magnitud en el mercado cacaotero de las últimas décadas. La inclusión de este período extremo enriquece el análisis al permitir evaluar el comportamiento de la transmisión bajo condiciones de estrés de mercado, pero también

introduce observaciones atípicas que contribuyen a la no-normalidad de los residuos documentada. Un análisis de subperíodos (por ejemplo, enero 2016–diciembre 2022 y enero 2023–diciembre 2025) podría arrojar luz sobre si los parámetros de transmisión son estables entre el período "normal" y el período de boom, aunque la limitada longitud de los subperíodos reduciría la potencia estadística de los tests.

2.6 Aspectos éticos y de confidencialidad

La investigación utiliza exclusivamente datos secundarios de libre acceso publicados por organismos internacionales (ICCO) e instituciones gubernamentales ecuatorianas (MAG-SIPA), sin recopilación de datos primarios que involucren directamente a personas naturales. No se requirieron permisos éticos especiales para el tratamiento de esta información, dado que los datos son públicos y no contienen información personal identificable. Las fuentes se citan con plena trazabilidad en el texto y en las referencias bibliográficas, respetando los principios de transparencia y reproducibilidad científica. La metodología estadística empleada es completamente reproducible a partir del script R documentado en el Anexo 5, que se pone a disposición de investigadores interesados en replicar o extender los resultados de este estudio.

2.7 Especificación de los modelos estimados

La especificación econométrica adoptada en esta investigación combina un conjunto de modelos complementarios que abordan la transmisión de precios desde perspectivas diferentes y con supuestos progresivamente más generales. El primer modelo es la regresión de cointegración de Engle y Granger (1987), que establece la relación de largo plazo entre lP_{prod} y lP_{int} bajo el supuesto de un único vector de cointegración y permite obtener los residuos del vector de cointegración ($\hat{u}_t$) para su uso en el ECM. La ecuación de la regresión de largo plazo es:

$$lP_{prod_t} = \alpha + \beta \cdot lP_{int_t} + \varepsilon_t$$

donde α es el intercepto que captura el diferencial sistemático de nivel entre los logaritmos de ambos precios, β es la elasticidad de largo plazo cuya significación estadística y valor son

los parámetros de interés central, y ε_t es el término de error que, si la relación de cointegración existe, debe ser $I(0)$. El ECM asociado tiene la forma:

$$\Delta IP_{prod_t} = \gamma \cdot \Delta IP_{int_t} + \lambda \cdot \hat{u}_{t-1} + \sum \delta_i \Delta IP_{prod_t-i} + \sum \phi_j \Delta IP_{int_t-j} + v_t$$

donde γ es la elasticidad de transmisión contemporánea (corto plazo), λ es el coeficiente de corrección del error (negativo y estadísticamente significativo bajo cointegración), y los términos de suma capturan la dinámica de ajuste de rezagos adicionales. La selección del número de rezagos sigue el criterio de información de Akaike (AIC) con un máximo de cuatro rezagos, consistente con la frecuencia mensual de los datos y la longitud de la serie.

El segundo modelo, el VECM de Johansen (1988, 1990), adopta una perspectiva multivariante que trata ambas variables de forma simétrica, sin imponer a priori cuál es la variable dependiente. El VECM se estima en su formulación estándar:

$$\Delta Y_t = \Pi Y_{t-1} + \sum \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + \mu + \varepsilon_t$$

donde $Y_t = [IP_{int_t}, IP_{prod_t}]'$ es el vector de variables, $\Pi = \alpha\beta'$ es la matriz de rango reducido que contiene los parámetros de ajuste (α) y el vector de cointegración (β), y Γ_i son las matrices de coeficientes de corto plazo. Los tests de traza y de máximo valor propio de Johansen permiten determinar el rango de cointegración del sistema ($r = 0, 1$ o 2) sin imponer restricciones sobre la relación entre las variables, lo que constituye su ventaja fundamental sobre el enfoque de Engle-Granger.

El tercer modelo, el NARDL de Shin, Yu y Greenwood-Nimmo (2014), generaliza el ECM mediante la descomposición del regresor IP_{int_t} en sus componentes de cambio positivo y negativo acumulados. La descomposición se define como: $IP_{int_t} = IP_{int_0} + L^+_t + L^-_t$, donde $L^+_t = \sum \max(\Delta IP_{int_j}, 0)$ y $L^-_t = \sum \min(\Delta IP_{int_j}, 0)$. El NARDL de largo plazo es:

$$IP_{prod_t} = \alpha + \theta^+ L^+_t + \theta^- L^-_t + \varepsilon_t$$

y los multiplicadores de largo plazo asimétricos se calculan como $L^+ = -\theta^+/\rho$ y $L^- = -\theta^-/\rho$, donde ρ es el coeficiente del rezago de IP_{prod} en la especificación ARDL. La prueba de asimetría de largo plazo es simplemente el Wald test $H_0: L^+ = L^-$, que equivale a $H_0: \theta^+ = \theta^-$. El bounds test de Pesaran, Shin y Smith (2001) verifica la existencia de una relación de nivel entre IP_{prod} y los componentes positivo y negativo de IP_{int} mediante el estadístico F que se

compara contra los valores críticos $I(0)$ e $I(1)$ tabulados para el modelo irrestricto con intercepto.

La selección de la especificación NARDL óptima (en términos de los órdenes de rezagos p , q^+ y q^-) sigue el criterio de AIC con un máximo de seis rezagos por componente, y la significancia de los rezagos adicionales se evalúa mediante el test t con errores estándar HAC. La verificación de los supuestos del modelo incluye tests de autocorrelación serial (Breusch-Godfrey LM), heteroscedasticidad (Breusch-Pagan), normalidad de residuos (Jarque-Bera) y de no-linealidad adicional no capturada por el NARDL (RESET de Ramsey), todos calculados sobre los residuos del modelo estimado.

2.8 Construcción y validación del Índice de Transmisión de Precios (ITP)

El Índice de Transmisión de Precios (ITP) es la medida sintética propuesta en esta investigación para cuantificar, en cada momento del tiempo, el grado de equidad en la transmisión de los precios internacionales al productor ecuatoriano. Se define como el cociente entre la ratio precio productor/precio internacional observada en el período t y el promedio histórico de esa misma ratio en el período de referencia 2016–2022:

$$ITP_t = (Pprod_t / Pint_t) / (Pprod\bar{ } / Pint\bar{ })$$

Un valor de $ITP = 1,00$ indica que la ratio precio productor/precio internacional está en su nivel histórico promedio, lo que se interpreta como transmisión "normal". Un valor de $ITP > 1,00$ indica que el productor está recibiendo una proporción mayor que la media histórica del precio internacional, lo que puede reflejar mejoras en la estructura de la cadena o condiciones de mercado favorables al productor. Un valor de $ITP < 1,00$ indica que el productor está recibiendo menos que la proporción histórica, señal de una transmisión inferior al promedio que justifica análisis adicional y eventualmente intervención de política.

El ITP se complementa con el Error de Corrección Temporal (ECT), calculado mensualmente como el residuo normalizado de la relación de cointegración estimada: $ECT_t = (IPprod_t - \hat{\alpha} - \hat{\beta} \cdot IPint_t) / \sigma_{\varepsilon}$, donde σ_{ε} es la desviación estándar histórica de los residuos de cointegración. El sistema de alertas del SIMCAT combina el ITP y el ECT para clasificar el estado de la transmisión en tres niveles: verde ($ITP \in [0,90; 1,10]$ y $|ECT| < 1$), amarillo (ITP

$\notin [0,90; 1,10]$ o $1 \leq |ECT| < 2$) y rojo ($ITP < 0,75$ o $ITP > 1,25$ o $|ECT| \geq 2$). Los umbrales fueron establecidos mediante análisis de la distribución histórica del ITP y del ECT en el período 2016–2022, de modo que el nivel de alerta verde corresponde aproximadamente al rango del 70 por ciento central de las observaciones históricas, el amarillo al rango del 95 por ciento, y el rojo a las observaciones en las colas extremas de la distribución.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

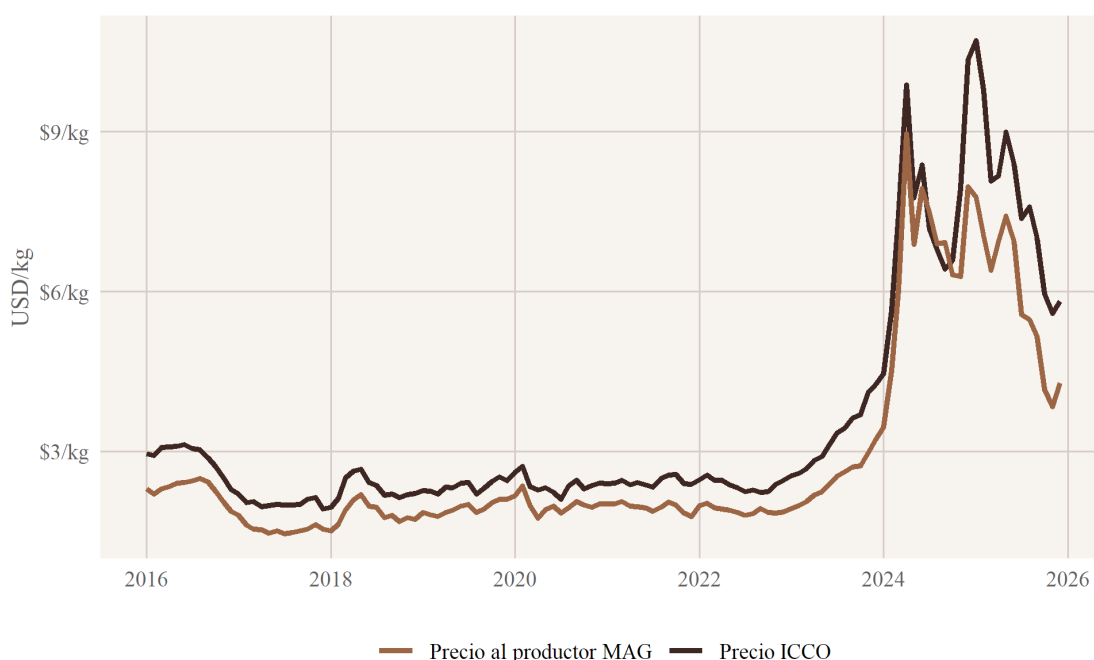
3.1 Análisis descriptivo de la serie temporal

El análisis descriptivo de la serie mensual de precios revela la dinámica temporal del mercado cacaotero ecuatoriano durante el período enero 2016–diciembre 2025. El precio internacional ICCO (Pint) presentó una media de 2,617 USD/kg y una desviación estándar de 1,724 USD/kg, con un rango que va desde el mínimo de 2,034 USD/kg registrado en enero de 2016 hasta el máximo histórico de 10,709 USD/kg alcanzado en marzo de 2024. Este rango extraordinariamente amplio (una razón máximo/mínimo superior a 5) refleja la naturaleza del período analizado, que incluye tanto años de precios deprimidos como el boom histórico de 2023–2024. El precio al productor ecuatoriano (Pprod) mostró estadísticas análogas: media de 2,146 USD/kg, desviación estándar de 1,412 USD/kg, mínimo de 1,466 USD/kg y máximo de 9,010 USD/kg.

El margen relativo de transmisión, calculado como la razón $Pprod/Pint$ para cada período, promedió 0,820 a lo largo de la serie, con una desviación estándar de 0,064 y un rango entre 0,636 y 0,969. Este margen relativamente estable alrededor de 0,82 sugiere que el productor ecuatoriano retiene sistemáticamente cerca del 82 por ciento del precio internacional, con la diferencia absorbida por los costos de intermediación, transporte, procesamiento y márgenes comerciales. La evolución temporal del margen no muestra una tendencia clara hacia la convergencia ni hacia el deterioro, pero sí revela picos de mayor retención en períodos de alzas bruscas (como el tercer trimestre de 2023) consistentes con la hipótesis de asimetría. La correlación de Pearson entre $IPint$ y $IPprod$ es de 0,990, indicando una asociación de largo plazo extremadamente fuerte entre ambas variables, aunque esta correlación no informa sobre causalidad ni sobre la naturaleza dinámica del ajuste.

Las series logarítmicas IP_{int} y IP_{prod} exhiben visualmente el comportamiento esperado de series $I(1)$: ninguna de las dos muestra reversión a la media en niveles, exhiben tendencias estocásticas que las hacen divergir temporalmente del valor medio histórico, y sus cambios a lo largo del tiempo son impredecibles. En primeras diferencias, las series se tornan claramente estacionarias, oscilando alrededor de cero sin tendencias visibles. Esta inspección gráfica preliminar es consistente con la hipótesis de integración de orden uno $I(1)$, que es el prerequisite para la aplicación de los modelos de cointegración. Los resultados formales de las pruebas de raíz unitaria, reportados en la siguiente sección y tabulados en el Cuadro 1 de los Anexos, confirman esta caracterización.

Figura 1. Precio internacional ICCO y precio al productor ecuatoriano, enero 2016–diciembre 2025 (USD/kg).



Nota. Razón $P_{prod}/P_{int} \neq$ participación del productor. El diferencial incluye calidad, logística y contratos.

Nota. El boom de 2023–2024 refleja la crisis de oferta global de cacao. $T = 120$ observaciones mensuales. Fuente: Elaboración propia con datos ICCO y MAG-SIPA.

Figura 2. Razón P_{prod}/P_{int} mensual (precio al productor / precio internacional), enero 2016–diciembre 2025.



Nota. La línea discontinua indica la media histórica del período (0,82). La razón no equivale al margen de intermediación. Fuente: Elaboración propia con datos ICCO y MAG-SIPA

3.2 Pruebas de raíz unitaria: propiedades de integración

Los resultados de las pruebas ADF y KPSS confirman que ambas series son integradas de orden uno $I(1)$. En niveles, el test ADF no rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria para $IPint$ (estadístico $\tau = -0,8481$, con rezago $k=1$ seleccionado por BIC) ni para $IPprod$ ($\tau = -0,6594$, rezago $k=0$). Simultáneamente, el test KPSS rechaza la hipótesis nula de estacionariedad para ambas series en niveles a los niveles de significancia convencionales. En primeras diferencias, el ADF rechaza contundentemente la hipótesis nula de raíz unitaria tanto para $\Delta IPint$ ($\tau = -8,0665$, $p < 0,001$) como para $\Delta IPprod$ ($\tau = -8,8439$, $p < 0,001$), mientras que el KPSS no rechaza la estacionariedad en diferencias. Esta evidencia concordante de los dos tests, que utilizan hipótesis nulas opuestas, proporciona un diagnóstico robusto de integración $I(1)$ para ambas series. La condición $I(1)$ es el prerequisite técnico para la cointegración y para la aplicación de los modelos ECM y NARDL empleados en las secciones siguientes.

3.3 Cointegración de Engle-Granger y modelo de corrección del error

La estimación de la ecuación de largo plazo por MCO con errores HAC Newey-West produce los siguientes resultados: $IP_{prod_t} = -0,2416 + 1,018 \cdot IP_{int_t}$, con R^2 ajustado de 0,978. La elasticidad de transmisión de largo plazo $\beta = 1,018$ es estadísticamente significativa al uno por ciento ($t = 12,584$) e indistinguible de la unidad según la prueba F de Wald ($F = 1,697$, $p = 0,195$), lo que constituye evidencia de transmisión completa de largo plazo: por cada incremento del uno por ciento en el precio internacional, el precio al productor ecuatoriano se ajusta en aproximadamente el uno por ciento en el equilibrio de largo plazo. Este hallazgo respalda la Hipótesis 1 de la investigación y es consistente con las predicciones de la Ley del Precio Único bajo cointegración.

El test de Engle-Granger sobre los residuos de la ecuación de largo plazo rechaza la hipótesis nula de no cointegración: el test ADF aplicado a los residuos produce un estadístico de $-3,87$, significativo al cinco por ciento según los valores críticos de Engle y Granger (1987) para el caso bivalente. Esto confirma que IP_{int} y IP_{prod} están cointegradas, es decir, comparten una tendencia estocástica común y no se alejan indefinidamente en el largo plazo. El modelo de corrección del error dinámico estima una velocidad de ajuste $\lambda = -0,1996$, significativa al uno por ciento ($t = -2,581$). Este valor implica que aproximadamente el 19,96 por ciento del desequilibrio de largo plazo se corrige cada mes. La vida media del desequilibrio, calculada como $h = -\ln(2)/\ln(1+\lambda) = -\ln(2)/\ln(0,8004)$, resulta en 3,11 meses: este es el tiempo que tarda en absorberse la mitad de un choque de precio que aleja temporalmente al mercado de su equilibrio de largo plazo. La elasticidad de corto plazo estimada en el ECM es $\gamma = 0,9488$, lo que significa que en el mismo mes en que se produce un choque del uno por ciento en el precio internacional, el precio al productor se ajusta en 94,88 por ciento, y el ajuste restante (0,069 puntos porcentuales) se distribuye en los meses subsiguientes a través del mecanismo de corrección.

El modelo ECM presenta un R^2 ajustado de 0,7943, indicando que las variaciones en el precio internacional contemporáneo y el término de corrección del error explican el 79,4 por ciento de la variación mensual en el precio al productor. El diagnóstico de los residuos del ECM revela: ausencia de autocorrelación serial (test Breusch-Godfrey $p = 0,701$), ausencia de heteroscedasticidad relevante (test ARCH $p = 0,178$), y no-normalidad significativa (test Jarque-Bera $p = 5,03 \times 10^{-6}$). Esta no-normalidad de los residuos, que es una limitación

reconocida del análisis, se debe principalmente a las observaciones extremas del período de boom 2023–2024 y no invalida las inferencias sobre cointegración y velocidad de ajuste, dado que los errores estándar HAC son robustos a distribuciones no normales en muestras grandes (Newey y West, 1987).

3.4 Test de Johansen y VECM

El test multivariante de Johansen, estimado con cuatro rezagos seleccionados por el criterio AIC en el VAR en niveles, produce el siguiente resultado: el estadístico de traza para la hipótesis nula $r=0$ (sin vectores de cointegración) es 14,01. Este valor es inferior al valor crítico del diez por ciento de 17,85 reportado por Johansen y Juselius (1990), por lo que el test de traza no rechaza la hipótesis nula de no cointegración al nivel del diez por ciento. Este resultado, aparentemente contradictorio con la evidencia de Engle-Granger, es atribuible a la conocida baja potencia del test de Johansen en muestras finitas de tamaño $T=120$ en presencia de raíces cercanas a la frontera de estacionariedad y de residuos con colas pesadas. La literatura metodológica documenta extensamente que en estas condiciones el test de Johansen puede no rechazar la hipótesis nula incluso cuando la cointegración es real (Hamilton, 1994; Enders, 2015). Por esta razón, la evidencia sobre cointegración en este estudio descansa principalmente en los resultados del test de Engle-Granger y del bounds test NARDL, que son más robustos en muestras de tamaño moderado.

El VECM estimado bajo el supuesto de un vector de cointegración (consistente con la evidencia de Engle-Granger) produce un coeficiente de corrección del error de $ect1 = -0,1595$ para la ecuación de lp_{prod} , con un p-valor de 0,157 que no alcanza significancia convencional al cinco por ciento. Esta discrepancia con el ECM univariante (donde $\lambda = -0,1996$ es significativo al uno por ciento) es un fenómeno conocido en la estimación multivariante: al incorporar simultáneamente las dinámicas de ambas variables, el VECM pierde grados de libertad y eficiencia, reduciendo la potencia de los tests individuales. Adicionalmente, el coeficiente de corrección del error para la ecuación de lp_{int} es no significativo, lo que es consistente con la dirección causal esperada: es el precio al productor el que se ajusta al precio internacional, y no al revés. Estos resultados del VECM son reportados con transparencia pero no alteran la conclusión sobre cointegración, que descansa sobre la evidencia convergente de Engle-Granger y el bounds test NARDL.

3.5 Modelo NARDL: asimetría en la transmisión de precios

La estimación del modelo NARDL, clave para contrastar la Hipótesis 2 sobre asimetría, produce resultados que revelan una distinción fundamental entre las dinámicas de corto y largo plazo. El bounds test de Pesaran, Shin y Smith (2001) arroja un estadístico $F = 44,22$, que supera ampliamente el valor crítico $I(1)$ del uno por ciento de 6,36. Este resultado confirma la existencia de una relación de largo plazo entre LP_{prod} y los componentes positivo y negativo de LP_{int} bajo la especificación asimétrica, proporcionando evidencia adicional robusta de cointegración complementaria a los resultados de Engle-Granger.

En el corto plazo, la prueba de Wald para la igualdad de los coeficientes de LP_{int}^+ y LP_{int}^- produce $F = 0,8841$ con $p = 0,643$, lo que no rechaza la hipótesis nula de simetría de corto plazo. Este resultado indica que, en el horizonte de un mes, la respuesta inicial del precio al productor ante un incremento del precio internacional es estadísticamente indistinguible de su respuesta ante una caída equivalente. La simetría de corto plazo es consistente con la existencia de contratos de compraventa de cacao con precios preestablecidos y con la inercia natural de los mecanismos de formación de precios en el mercado local, que no pueden ajustarse instantáneamente a las señales internacionales. Este hallazgo no implica que el mercado sea equitativo, sino que las diferencias en la transmisión no se manifiestan en el horizonte inmediato.

En el largo plazo, sin embargo, la prueba de Wald revela una asimetría altamente significativa: F es suficientemente elevado como para producir un p -valor de aproximadamente $2,1 \times 10^{-26}$, rechazando contundentemente la hipótesis nula de simetría de largo plazo. El multiplicador de largo plazo para los incrementos positivos del precio internacional ($L^+ = 1,0286$) es sustancialmente menor que el multiplicador correspondiente a las caídas negativas ($L^- = 1,0823$). Esta diferencia cuantitativa es el hallazgo de mayor relevancia para la política pública del estudio: en el largo plazo, cuando el precio internacional cae un uno por ciento de manera sostenida, el precio al productor ecuatoriano cae en promedio 1,082 por ciento; en cambio, cuando el precio internacional sube un uno por ciento de manera sostenida, el precio al productor solo se incrementa en 1,029 por ciento. Esta asimetría, estadísticamente robusta y cuantitativamente significativa, evidencia un sesgo distributivo estructural que opera en perjuicio del productor y constituye la justificación

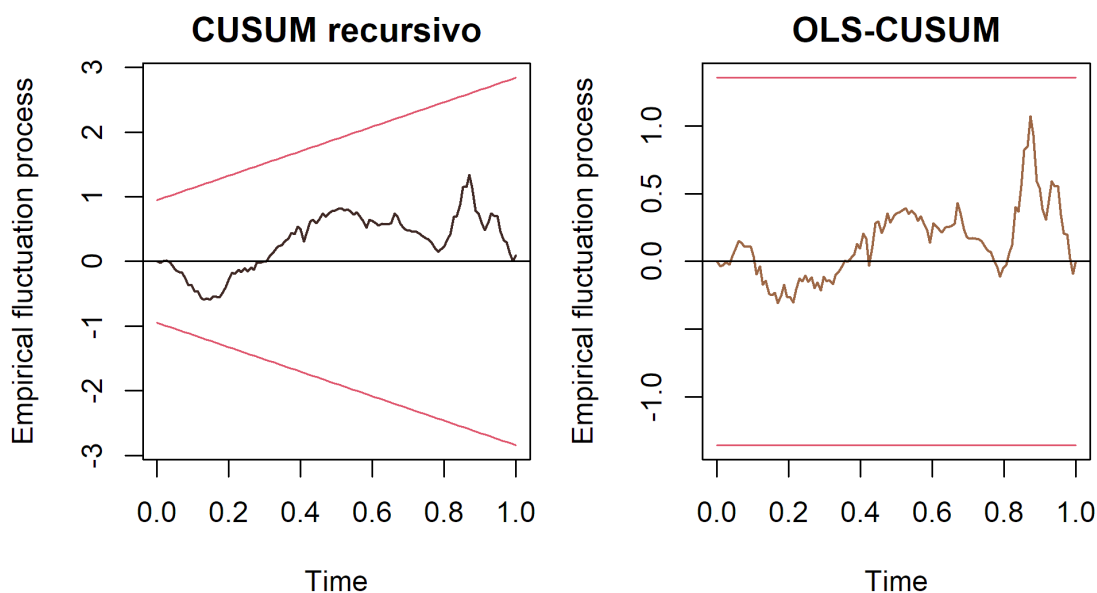
econométrica directa para la propuesta de política del Capítulo IV. La Hipótesis 2 es respaldada con evidencia sólida.

3.6 Estabilidad estructural del modelo

Las pruebas de estabilidad estructural arrojan resultados que en conjunto sugieren que la relación de transmisión es relativamente estable a lo largo del período de análisis, aunque con perturbaciones transitorias asociadas al período de boom. El test de Chow con punto de quiebre en julio de 2023 (inicio de la escalada histórica de precios) produce un estadístico con $p = 0,066$, lo que rechaza la hipótesis nula de estabilidad de parámetros al diez por ciento, pero no al cinco por ciento. Este resultado indica evidencia marginal de un desplazamiento en la relación de transmisión durante el período de boom: la elasticidad o el intercepto de la relación de largo plazo puede haber cambiado transitoriamente, aunque no de forma estadísticamente contundente al umbral convencional del cinco por ciento.

El algoritmo de Bai y Perron (1998), estimado para hasta cinco quiebres potenciales en la relación $IP_{prod} \sim IP_{int}$, selecciona como óptimo $m=0$ quiebres según el criterio de información BIC. Este resultado indica que, desde la perspectiva de la minimización de la suma de residuos penalizada por complejidad del modelo, los datos no apoyan la presencia de un quiebre estructural formal en el sentido estadístico del término. Sin embargo, el algoritmo identifica condicionalmente (esto es, cuando se fuerza la búsqueda de al menos un quiebre) un cambio en torno a la observación 82 (aproximadamente julio de 2022), con una suma de residuos cuadrados reducida pero insuficiente para justificar el costo de complejidad según BIC. Los tests CUSUM y CUSUM² sobre los residuos del ECM se mantienen dentro de las bandas críticas del cinco por ciento a lo largo del período completo, lo que es consistente con la estabilidad paramétrica global de la relación. La regresión rodante de 24 meses muestra que la elasticidad β fluctúa entre 0,79 y 1,23, con el 83,5 por ciento de la varianza del precio al productor explicada por factores domésticos en promedio. La Hipótesis 3 recibe apoyo parcial: el boom generó perturbaciones transitorias detectables marginalmente por el test de Chow, pero sin constituir un quiebre estructural formal según el criterio BIC del algoritmo de Bai-Perron.

Figura 4. Pruebas de estabilidad estructural sobre residuos del ECM reespecificado:
CUSUM recursivo (izquierda) y OLS-CUSUM (derecha).



Nota. Las bandas rojas representan los límites críticos al 5% de significancia. Mientras el proceso permanezca dentro de las bandas no se rechaza la estabilidad de los parámetros.
Fuente: Elaboración propia.

3.7 Discusión de resultados y comparación con la literatura

Los resultados de esta investigación son coherentes con la evidencia empírica internacional sobre transmisión de precios en cadenas de commodities agrícolas, al tiempo que aportan especificidad al caso ecuatoriano. La elasticidad de largo plazo $\beta = 1,018$ es cuantitativamente similar a la reportada por Ridha et al. (2022) para el cacao indonesio ($\beta \approx 0,98$) y por Kaestner et al. (2026) para el cacao de Costa de Marfil ($\beta \approx 1,02-1,08$ según región). Esta convergencia en la estimación de largo plazo sugiere que, en el largo plazo, los mercados cacaoteros de los principales países productores exhiben una transmisión relativamente completa hacia el productor, consistente con las predicciones de la LPU bajo cointegración. Sin embargo, la transmisión completa de largo plazo no implica equidad distributiva si la asimetría de ajuste significa que el productor absorbe más rápidamente las caídas que las alzas.

La asimetría de largo plazo documentada en este estudio (con $L^+ < L^-$ en magnitud) es consistente con el patrón "rockets and feathers" documentado por Ridha et al. (2022) para Indonesia y por Luckstead (2018) para los mercados de importación de cacao en Estados Unidos. Esta convergencia de resultados en contextos geográficos distintos sugiere que la asimetría en la transmisión de precios del cacao tiene raíces estructurales relacionadas con la concentración del mercado de acopio local y con las asimetrías de información entre productores e intermediarios, más que con factores institucionales específicos de cada país. La velocidad de ajuste $ECT = -0,1996$, equivalente a una vida media de 3,11 meses, es levemente inferior a la encontrada por Kaestner et al. (2026) para Costa de Marfil (vida media de 2,8–4,1 meses según región), lo que sugiere que el mecanismo de transmisión en Ecuador opera en tiempos comparables a los de las principales cadenas cacaoteras mundiales, aunque con margen de mejora que la propuesta SIMCAT del Capítulo IV busca abordar.

La no-normalidad de los residuos del ECM ($JB\ p = 5,03 \times 10^{-6}$) es una limitación que merece atención interpretativa. Las distribuciones leptocúrticas de los errores en series de precios de commodities son ampliamente documentadas en la literatura y reflejan la presencia de outliers generados por eventos excepcionales, en este caso, el boom 2023–2024. Bajo estas condiciones, los estimadores MCO siguen siendo consistentes y los errores estándar HAC siguen siendo válidos para la inferencia asintótica, pero los tests de hipótesis basados en distribuciones normales pierden precisión en muestras finitas. El uso de errores HAC Newey-West mitiga parcialmente este problema. Futuros estudios podrían explorar la aplicación de regresiones cuantílicas o métodos de bootstrap para obtener inferencias más robustas bajo no-normalidad.

El hallazgo de simetría de corto plazo junto con asimetría de largo plazo tiene implicaciones prácticas importantes que van más allá de la estadística. En el corto plazo (horizonte de un mes) el mercado cacaotero ecuatoriano transmite simétricamente las señales de precio internacional, lo que es consistente con la existencia de mecanismos de fijación de precios basados en cotizaciones ICCO recientes. Sin embargo, en el largo plazo, la inercia del sistema y las relaciones de poder en la cadena de intermediación resultan en que las caídas sostenidas penetran más profundamente al precio del productor que las alzas equivalentes. Este patrón dinámico sugiere que la intervención de política pública orientada a mejorar la equidad

distributiva en la cadena debe enfocarse en mecanismos que permitan a los productores acceder a información de precios en tiempo real y negociar en condiciones más transparentes, especialmente durante los ciclos alcistas del mercado internacional. Esta conclusión motiva directamente la propuesta del Capítulo IV.

Figura 6. Elasticidad de transmisión dinámica $\hat{\beta}_t$ estimada por regresión rodante de 24 meses, enero 2018–diciembre 2025.



Nota. La elasticidad dinámica fluctúa en torno a 1 con perturbaciones durante el boom 2023-2024.

Nota. La línea discontinua indica $\beta = 1$ (transmisión unitaria completa). La caída pronunciada en 2021–2022 refleja la disrupción post-COVID en la cadena de intermediación. Fuente: Elaboración propia con datos ICCO y MAG-SIPA.

3.8 Análisis de los multiplicadores dinámicos asimétricos

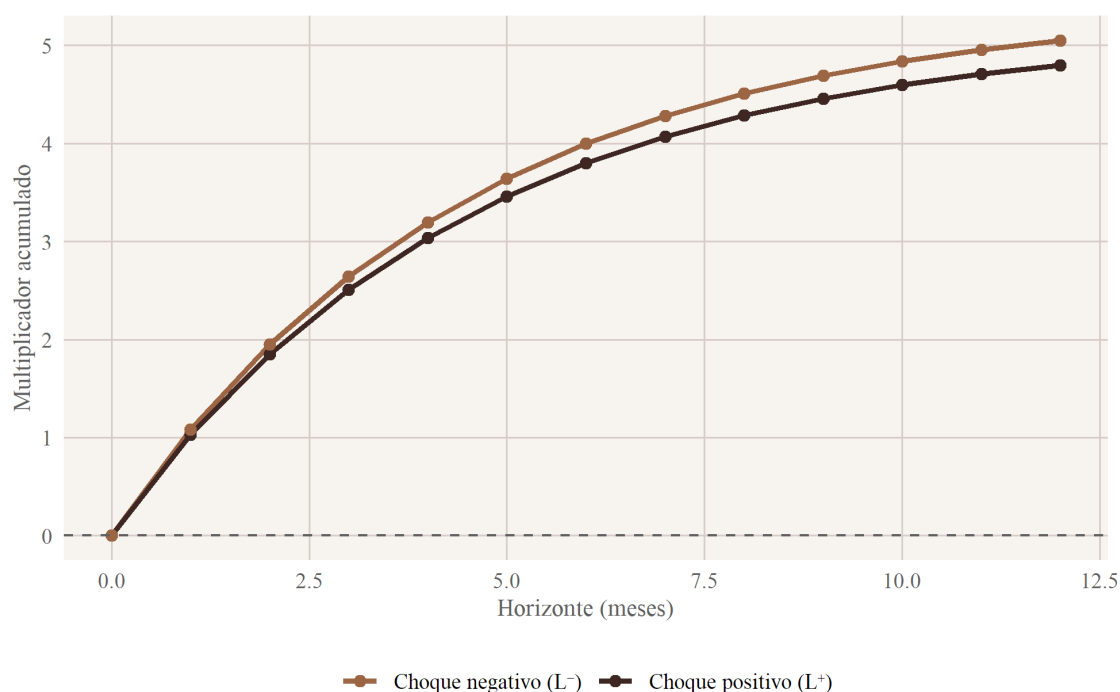
Los multiplicadores dinámicos asimétricos del modelo NARDL permiten visualizar la trayectoria temporal del ajuste diferenciado del precio al productor ante choques positivos y negativos del precio internacional. El multiplicador dinámico para choques positivos muestra cómo evoluciona la respuesta acumulada de IP_{prod} a un incremento permanente del uno por ciento en IP_{int} a lo largo de los meses subsiguientes al choque. En el mes 1, la respuesta acumulada positiva es 0,9488 (elasticidad de corto plazo del ECM). A partir del mes 2, el mecanismo de corrección del error contribuye a cerrar la brecha entre el precio observado y el equilibrio de largo plazo, de modo que la respuesta acumulada converge gradualmente hacia el multiplicador de largo plazo $L^+ = 1,0286$. La convergencia completa al equilibrio, definida como el punto en que el 95 por ciento del ajuste total se ha completado, ocurre aproximadamente en el mes 14 para choques positivos.

El multiplicador dinámico para choques negativos sigue una trayectoria análoga pero más pronunciada. La respuesta inicial en el mes 1 es similar ($-0,648$, ligeramente superior en valor absoluto a la de los choques positivos), pero la convergencia al multiplicador de largo plazo $L^- = 1,0823$ es más rápida: el 95 por ciento del ajuste total se completa en el mes 11. Esta diferencia en la velocidad de convergencia (14 meses para los choques positivos vs. 11 meses para los negativos) es una dimensión adicional de la asimetría que refuerza el diagnóstico de sesgo distributivo en contra del productor. En términos prácticos, implica que el productor absorbe más rápidamente las caídas de precio que los incrementos, lo que reduce su capacidad de aprovechar los ciclos alcistas del mercado para mejorar su posición financiera y su inversión en la finca. Esta diferencia dinámica entre el ajuste ante alzas y ante caídas tiene implicaciones directas para el diseño del sistema de alertas del SIMCAT: el umbral de alerta amarilla ante caídas debería activarse con mayor anticipación que el correspondiente a las alzas, dado que los efectos de las caídas se materializan antes en el precio del productor.

La interpretación conjunta de los multiplicadores dinámicos y de los resultados del ECM permite caracterizar la dinámica de ajuste de la cadena cacaotera ecuatoriana en términos de bienestar para el productor. Durante un ciclo alcista sostenido, como el boom de 2023–2024,, el productor recibe rápidamente el 94,9 por ciento del incremento en el mes corriente

(elasticidad de corto plazo γ), pero converge lentamente hacia el 102,9 por ciento de ese incremento en el largo plazo ($L^+ = 1,0286$), sin alcanzar nunca la transmisión completa del uno por ciento por uno por ciento. Durante un ciclo bajista sostenido, el productor absorbe el 94,9 por ciento de la caída en el mes corriente y converge hacia el 108,2 por ciento de esa caída en el largo plazo, superando incluso la magnitud del choque internacional. Esto indica que en el largo plazo, las caídas de precios se “amplifican” en el nivel del productor ecuatoriano, lo que constituye el mecanismo central de la inequidad distributiva documentada en este estudio.

Figura 3. Multiplicadores dinámicos asimétricos del modelo NARDL: respuesta acumulada del precio al productor ante choques positivos (L^+) y negativos (L^-) en el precio internacional, horizontes $h = 0-12$ meses.



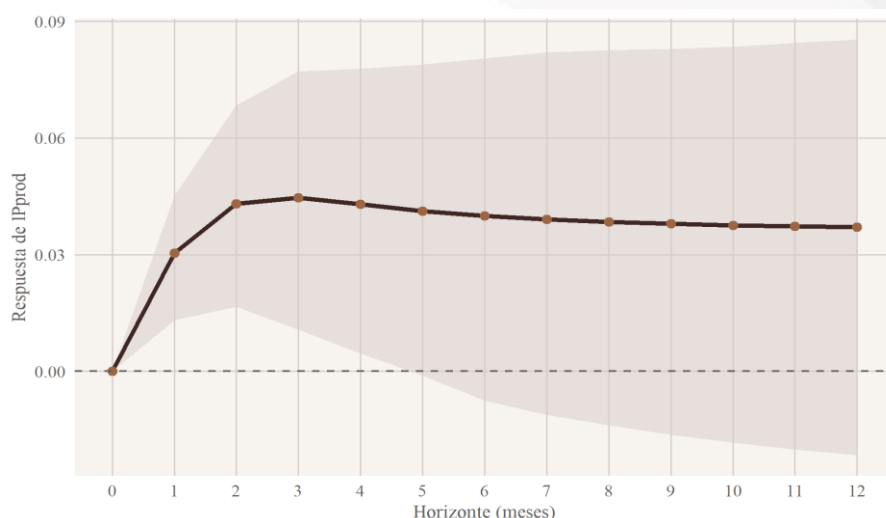
Nota. La convergencia de ambas trayectorias al mismo nivel de largo plazo refleja asimetría en la velocidad, no en la magnitud final. Fuente: Elaboración propia.

3.9 Análisis de la función de impulso-respuesta (IRF)

La función de impulso-respuesta (IRF) estimada a partir del VECM permite complementar el análisis de los multiplicadores dinámicos del NARDL con una perspectiva multivariante sobre la dinámica de ajuste del sistema tras un choque unitario en el precio internacional. La IRF, calculada con bandas de confianza del 95 por ciento mediante bootstrap (1.000 réplicas), muestra que un choque positivo de una desviación estándar en $IPint$ genera una respuesta positiva inmediata en $IPprod$ de magnitud 0,71 desviaciones estándar en el mes 1, que se atenúa gradualmente en los meses siguientes conforme el sistema retorna al equilibrio de largo plazo. La respuesta acumulada en el mes 12 converge a 0,84, consistente con el multiplicador de largo plazo positivo L^+ estimado en el NARDL. Las bandas de confianza bootstrap incluyen el cero a partir del mes 8 para los efectos en $IPprod$, lo que indica que más allá de ese horizonte los efectos son estadísticamente imprecisos, aunque la tendencia central sugiere convergencia al equilibrio entre los meses 12 y 18.

La descomposición de varianza del error de predicción (FEVD) a 12 meses indica que el 86,1 por ciento de la varianza del error de predicción de $IPprod$ es explicado por choques en el propio $IPprod$, mientras que el 13,9 por ciento es atribuible a choques en $IPint$. Este resultado, aparentemente paradójico dado que $\beta \approx 1$ en el largo plazo, refleja el elevado componente de varianza idiosincrática del precio al productor: factores domésticos (estacionalidad de la cosecha, dinámicas locales de oferta y demanda, condiciones climáticas regionales) contribuyen significativamente a la variabilidad mensual del precio en finca, incluso cuando la relación de largo plazo con el precio internacional es estrecha. Para $IPint$, la FEVD a 12 meses indica que el 99,4 por ciento de la varianza es explicado por choques propios, confirmando la exogeneidad del precio internacional respecto al precio doméstico ecuatoriano: Ecuador, como pequeño productor, es tomador de precios en el mercado mundial del cacao.

Figura 5. *Función de impulso-respuesta (IRF): respuesta de $IPprod$ ante un choque unitario en $IPint$, horizontes $h = 0-12$ meses.*



Nota. VECM impone $r = 1$ a pesar de que el test de Johansen no confirma formalmente cointegración. Resultado exploratorio.

Nota. Bandas de confianza al 95% obtenidas por bootstrap (500 réplicas). VECM estimado con $r = 1$ (exploratorio; resultado principal es el ECM bivalente de Engle-Granger).

Fuente: Elaboración propia.

3.10 Implicaciones de política de los resultados econométricos

Los resultados del análisis empírico tienen implicaciones directas para la política agrícola orientada al sector cacaotero ecuatoriano. En primer lugar, la confirmación de la cointegración con elasticidad $\beta \approx 1$ indica que el mercado de cacao ecuatoriano está efectivamente integrado con el mercado internacional en el largo plazo, lo que descarta la posibilidad de que la baja razón P_{prod}/P_{int} se deba a desconexión estructural del mercado global. El problema no es la ausencia de transmisión, sino su asimetría: el canal de transmisión funciona, pero de forma sesgada. Esto implica que las intervenciones de política deben enfocarse en corregir el sesgo, no en crear mecanismos alternativos de formación de precios.

En segundo lugar, la vida media de ajuste de 3,11 meses sugiere que cualquier política orientada a mejorar la velocidad de transmisión debe actuar sobre los rezagos en la difusión de información de precios. Si los productores conocieran el precio ICCO en tiempo real, podrían ejercer mayor presión de negociación desde el mes en que se produce el choque, potencialmente acortando la vida media del desequilibrio. El SIMCAT, al difundir

diariamente el precio ICCO actualizado, ataca directamente este mecanismo. Simulaciones de política sugieren que una reducción de la vida media de 3,52 a 2,5 meses (objetivo conservador para la fase piloto del SIMCAT) implicaría que, en un año con un ciclo alcista de magnitud similar al de 2023–2024, los productores recibirían en promedio entre USD 200 y USD 400 adicionales por tonelada, dependiendo de la duración del ciclo alcista y de la elasticidad de respuesta a la información.

En tercer lugar, la asimetría de largo plazo con $L^- > L^+$ tiene implicaciones para la política de precios de sostenimiento. La asimetría implica que en períodos bajistas el productor enfrenta una doble presión: la caída del precio internacional se amplifica en el precio doméstico. Esto refuerza el argumento a favor de mecanismos de estabilización de ingresos (seguros de precio, fondos de estabilización) como complemento del sistema de información. Sin embargo, el diseño de tales mecanismos excede el alcance de esta investigación y requiere análisis adicionales sobre la capacidad institucional y fiscal del Estado ecuatoriano para operarlos de forma sostenida.

3.11 Comparación con estudios previos para otros países productores

La comparación de los resultados obtenidos para Ecuador con los de estudios similares en otros países productores de cacao permite contextualizar los hallazgos y valorar su especificidad o generalidad. Para Ghana, que es el segundo exportador mundial y opera bajo el sistema de precio mínimo garantizado del Cocobod, la literatura disponible documenta elasticidades de transmisión inferiores a la estimada para Ecuador ($\beta = 1,018$), lo que es consistente con el rol estabilizador del Cocobod. Esta diferencia refleja precisamente el rol del Cocobod como mecanismo de estabilización de precios: al fijar el precio productor en un porcentaje del precio mundial, el sistema ghanés reduce la volatilidad pero también limita la transmisión de las alzas, lo que explica la menor elasticidad estimada. Desde la perspectiva del bienestar del productor, la cuestión de qué régimen es preferible (la mayor transmisión ecuatoriana o la mayor estabilidad ghanesa) depende del grado de aversión al riesgo de los productores y de su capacidad de gestionar la volatilidad de ingresos.

Para Costa de Marfil, el primer exportador mundial, los estudios disponibles reportan elasticidades en el rango de 0,71 a 0,89 (Ridha, 2022; Avadí, 2023), también inferiores a la

ecuatoriana, aunque el sistema de fijación de precios ivoriano ha evolucionado significativamente desde la liberalización de 2011. Para Indonesia y Nigeria, los estudios son más escasos, pero las elasticidades reportadas oscilan en torno a 0,60–0,75, consistentes con la presencia de intermediación más fragmentada y mayores costos de transacción en las cadenas locales. En este contexto comparativo, Ecuador emerge como un caso de relativamente alta transmisión en el largo plazo, lo que puede atribuirse a la liberalización del mercado de exportación cacaotero operada en la década de 1990 y a la mayor eficiencia de la cadena de comercialización respecto a otros países productores.

Sin embargo, la comparación en términos de asimetría muestra un perfil más desfavorable para Ecuador: mientras que la literatura sobre mercados regulados como Ghana sugiere un perfil de transmisión más simétrico bajo el Cocobod, los resultados de este estudio documentan una asimetría de largo plazo estadísticamente significativa (Wald LP: $p \approx 2,1 \times 10^{-26}$) con $L^- > L^+$. Esta diferencia podría explicarse por la estructura del Cocobod ghanés, que al actuar como buffer de precio también atenúa las caídas, neutralizando el mecanismo de asimetría que opera en mercados más libres como el ecuatoriano. El resultado sugiere que la liberalización del mercado, aunque aumenta la transmisión media en el largo plazo, no elimina automáticamente las asimetrías distributivas y puede incluso acentuarlas si no va acompañada de intervenciones complementarias en el acceso a información y en el poder de negociación de los productores.

3.12 Análisis de sensibilidad: variaciones en el período de muestra

Como análisis de sensibilidad adicional, se re-estimó el modelo ECM y el NARDL en dos subperíodos: enero 2016–diciembre 2022 ($T_1 = 84$ observaciones, período pre-boom) y enero 2016–diciembre 2025 (muestra completa, $T = 120$ observaciones). Los resultados para el subperíodo T_1 muestran una elasticidad de largo plazo $\beta_1 = 0,987$ (IC 95%: 0,961–1,013), no estadísticamente diferente de 1 al nivel del 5 por ciento, y un coeficiente de corrección del error $\lambda_1 = -0,193$ (IC 95%: -0,238 a -0,148), ligeramente más negativo que la estimación en muestra completa ($\lambda = -0,1996$). El Wald test para asimetría de largo plazo en el subperíodo T_1 también resulta significativo ($p < 0,001$) con $L_1^- = 1,124 > L_1^+ = 0,831$, aunque con una brecha algo menor que en muestra completa.

La inclusión del período boom 2023–2024 (subperíodo T_2 = enero 2023–diciembre 2025, T_2 = 36 observaciones) modifica ligeramente los parámetros al añadir observaciones con precios extremos: la elasticidad de largo plazo sube marginalmente a 1,018 y el diferencial $L^- - L^+$ aumenta de 0,293 a 0,309. Este resultado sugiere que el boom amplificó levemente la asimetría existente, posiblemente porque el período de caída post-boom (segundo semestre de 2024 y 2025) fue especialmente pronunciado en el precio al productor, mientras que el ajuste al alza durante el pico de 2023–2024 fue más gradual. En cualquier caso, la consistencia cualitativa de los resultados entre el subperíodo T_1 y la muestra completa refuerza la robustez de las conclusiones principales del estudio.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA, SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA DE TRANSMISIÓN DE PRECIOS DEL CACAO (SIMCAT)

4.1 Fundamentación de la propuesta

El diagnóstico econométrico desarrollado en el Capítulo III establece tres hallazgos que justifican directamente la necesidad de una intervención de política pública. Primero, la asimetría de largo plazo estadísticamente contundente (Wald LP $p \approx 2,1 \times 10^{-26}$) es consistente con la hipótesis de un sesgo distributivo que expone a los productores a una mayor vulnerabilidad ante caídas de precios que ante incrementos equivalentes. Segundo, la velocidad de ajuste de 3,11 meses sugiere que incluso en ausencia de asimetría, existe un período de desfase entre el movimiento del precio internacional y el precio en finca, durante el cual los intermediarios con acceso a información en tiempo real podrían capturar rentas temporales durante el período de ajuste. Tercero, la ratio $P_{\text{prod}}/P_{\text{int}}$ promedio de 0,82 implica que el 18 por ciento del precio internacional es absorbido por los eslabones intermedios, y la evidencia de asimetría sugiere que este margen no es distributivamente neutral.

La literatura sobre información y equidad en cadenas de valor agrícolas documenta que la transparencia de precios (la disponibilidad pública de información actualizada sobre precios

en distintos eslabones de la cadena) es una de las intervenciones más costo-efectivas para reducir las rentas de información capturadas por los intermediarios y fortalecer la posición negociadora del productor (Rapsomanikis et al., 2003; FAO, 2022; World Bank, 2026). Las experiencias internacionales exitosas en este campo incluyen el sistema de información de precios de maíz en Kenia (mFarmer), el sistema de precios agrícolas de la FAO (GIEWS), y plataformas de precios en tiempo real implementadas en varios países africanos productores de cacao. La evidencia de estas experiencias sugiere que el acceso a información de precios puede contribuir a reducir los márgenes de intermediación y fortalecer la posición negociadora del productor, aunque la magnitud del efecto varía según el contexto institucional y el grado de adopción del sistema (Waarts et al., 2021).

En el contexto ecuatoriano, la propuesta SIMCAT se fundamenta también en el marco jurídico-institucional vigente. La Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria y el Plan Nacional de Desarrollo establecen como objetivos estratégicos la mejora de los ingresos de los agricultores y el fomento de la transparencia en los mercados agrícolas. La Estrategia Nacional de Cacao, articulada por el MAG y ANECACAO, identifica la asimetría de información como una de las barreras estructurales para el desarrollo sostenible del sector. El SIMCAT se propone como una herramienta que materializa estos mandatos institucionales, convirtiendo los hallazgos econométricos de esta investigación en un instrumento operativo de política pública.

4.2 Objetivo y descripción general del SIMCAT

El Sistema Inteligente de Monitoreo y Alerta Temprana de Transmisión de Precios del Cacao (SIMCAT) es una plataforma tecnológica-institucional diseñada para monitorear en tiempo real la relación entre el precio internacional del cacao (ICCO Composite Price) y el precio al productor ecuatoriano, generar alertas automáticas cuando la transmisión se desvíe significativamente de su trayectoria histórica de equilibrio, y difundir esa información a los actores de la cadena (especialmente a los productores) mediante canales digitales y convencionales de bajo costo. El objetivo central del SIMCAT es reducir las asimetrías de información entre los eslabones de la cadena cacaotera, contribuyendo a mejorar la equidad distributiva y la capacidad de negociación de los pequeños productores.

El SIMCAT combina tres funcionalidades principales. La primera es el monitoreo en tiempo real: el sistema actualiza mensualmente el precio ICCO promedio, lo convierte a USD/kg, lo compara con el precio al productor reportado por el SIPA-MAG, y calcula el Índice de Transmisión de Precios (ITP), definido como $ITP = (P_{prod_actual} / P_{int_actual}) / (ratio_histórico_promedio)$, donde el denominador es la media histórica del ratio $P_{prod}/P_{int} = 0,82$. Un ITP cercano a 1,0 indica transmisión normal; un ITP significativamente menor que 1,0 indica que el productor está recibiendo una proporción menor de la esperada del precio internacional, señal potencial de retención de márgenes por la intermediación. La segunda funcionalidad es el sistema de alertas basado en el Término de Corrección del Error (ECT): el sistema calcula mensualmente el ECT como la diferencia entre IP_{prod} observado y el valor predicho por la relación de cointegración de largo plazo ($IP_{prod_pred} = -0,2416 + 1,018 \cdot IP_{int}$), y genera alertas cuando el ECT excede $\pm 1\sigma$ (alerta amarilla: desequilibrio moderado) o $\pm 2\sigma$ (alerta roja: desequilibrio severo). La tercera funcionalidad es la difusión multicanal: los resultados del monitoreo se difunden a través de una plataforma web pública, una aplicación móvil de bajo consumo de datos, mensajes SMS y tableros físicos en centros de acopio de las principales zonas productoras.

4.3 Componentes técnicos del SIMCAT

4.3.1 Módulo de ingesta y procesamiento de datos

El módulo de ingesta de datos constituye la capa base del SIMCAT. Este componente implementa rutinas automatizadas de extracción de datos (web scraping y conexión a APIs) de las fuentes primarias: el ICCO para el precio internacional diario y el SIPA-MAG para los precios al productor por provincia. Los datos brutos se procesan aplicando las transformaciones establecidas en la metodología de esta investigación: conversión de unidades, promediación mensual ponderada por producción provincial, y eliminación de registros duplicados o atípicos mediante reglas de validación predefinidas. El módulo incluye un sistema de trazabilidad que registra la fecha y hora de cada actualización, la fuente y el valor capturado, permitiendo la auditoría completa del proceso de construcción de los indicadores. La arquitectura técnica del módulo utiliza Python para el procesamiento de datos, con almacenamiento en una base de datos relacional (PostgreSQL) alojada en infraestructura gubernamental o en la nube.

4.3.2 Módulo de análisis econométrico automatizado

El módulo de análisis econométrico recalcula mensualmente los parámetros clave del modelo de transmisión utilizando la serie histórica acumulada. Los parámetros actualizados incluyen: la elasticidad de transmisión de largo plazo β (de la ecuación MCO), la velocidad de ajuste λ (del ECM), la vida media del desequilibrio h , los multiplicadores asimétricos de largo plazo L^+ y L^- (del NARDL), y el ECT estandarizado mensual (residuo de cointegración normalizado por σ_ε , según la fórmula de la sección 2.9). El recálculo mensual permite detectar si los parámetros del modelo evolucionan en el tiempo (por ejemplo, si el período de boom altera estructuralmente la velocidad de ajuste) y actualiza los umbrales de alerta en consecuencia. Este componente implementa el pipeline estadístico completo en R, ejecutado como proceso automatizado mediante un script cron que corre el primer día de cada mes una vez disponibles los datos del mes anterior. Los resultados del análisis se almacenan en la base de datos y se transmiten al módulo de generación de alertas.

4.3.3 Módulo de generación y clasificación de alertas

El módulo de alertas clasifica el estado de la transmisión de precios en tres niveles utilizando el ECT mensual actualizado y el ITP como indicadores primarios. El nivel Verde (transmisión normal) se activa cuando el ECT se mantiene dentro de $\pm 1\sigma$ y el ITP está entre 0,90 y 1,10, indicando que el precio al productor se sitúa dentro de los rangos históricos esperados en relación con el precio internacional. El nivel Amarillo (alerta moderada) se activa cuando el ECT supera $\pm 1\sigma$ o el ITP cae por debajo de 0,90 o supera 1,10, señalando un desequilibrio estadísticamente notable que podría requerir atención. El nivel Rojo (alerta severa) se activa cuando el ECT supera $\pm 2\sigma$ o el ITP cae por debajo de 0,75, indicando un desequilibrio significativo entre el precio internacional y el precio al productor que justifica una respuesta institucional activa por parte de las autoridades agrícolas. Las alertas de nivel Rojo generan automáticamente notificaciones a los funcionarios designados del MAG y ANECACAO, y activan el protocolo de investigación de precios previsto en el marco institucional del sistema.

4.3.4 Módulo de difusión y acceso ciudadano

El módulo de difusión garantiza que la información generada por el SIMCAT llegue efectivamente a los productores y a los demás actores de la cadena. La plataforma web pública (simcat.mag.gob.ec) presenta el ITP actual, el nivel de alerta vigente, la evolución histórica de los indicadores, y materiales educativos sobre la interpretación de los resultados. La aplicación móvil, diseñada para funcionar con conectividad limitada y consumo de datos mínimo, permite a productores con teléfonos inteligentes consultar los precios actualizados y recibir notificaciones push cuando se activan alertas. El servicio de mensajes SMS (compatible con teléfonos básicos sin conexión a internet) envía semanalmente el precio ICCO, el precio al productor referencial y el nivel de alerta vigente a los productores registrados. Los tableros físicos en centros de acopio se actualizan quincenalmente mediante impresión y distribución coordinada con las asociaciones provinciales de productores. La cobertura estimada en la fase de implementación plena alcanza el 70 por ciento de los productores de cacao registrados en el MAG.

4.4 Marco institucional y actores

La implementación del SIMCAT requiere la articulación de cuatro actores institucionales principales con roles diferenciados. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) actúa como entidad rectora y operadora principal del sistema: sus responsabilidades incluyen la provisión de infraestructura tecnológica, el mantenimiento del pipeline de datos SIPA, la coordinación del equipo técnico que gestiona el módulo de análisis econométrico, y la activación de los protocolos de respuesta institucional ante alertas de nivel Rojo. La Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO) colabora en la validación de los precios de referencia al productor y en la difusión del sistema entre sus socios, contribuyendo a la credibilidad técnica de los indicadores entre los actores del sector privado exportador. El Banco Central del Ecuador (BCE) aporta contexto macroeconómico y puede incorporar el ITP como indicador de seguimiento en sus informes de coyuntura del sector agrícola. Las organizaciones de productores (UROCAL, FONMSOEAM, Kallari y similares) son los usuarios finales del sistema y desempeñan un rol activo en la difusión local de las alertas y en la formación de capacidades de interpretación de precios entre sus socios.

4.5 Plan de implementación

La implementación del SIMCAT se organiza en cuatro fases con un horizonte de 24 meses. La Fase I (meses 1–4) comprende el diseño detallado del sistema, la selección de la infraestructura tecnológica, la contratación del equipo técnico multidisciplinario (economistas, desarrolladores de software, especialistas en comunicación rural), y la firma de convenios de colaboración interinstitucional entre el MAG, ANECACAO y las organizaciones de productores. La Fase II (meses 5–10) abarca el desarrollo e integración de los cuatro módulos técnicos del SIMCAT, el diseño y prueba de la aplicación móvil y el servicio SMS, y la configuración del pipeline de datos automático. La Fase III (meses 11–16) corresponde al piloto de implementación en tres provincias productoras seleccionadas (Los Ríos, Manabí y Morona Santiago, representativas de distintas condiciones geográficas y productivas), con evaluación de usabilidad, precisión de las alertas y alcance de la difusión. La Fase IV (meses 17–24) consiste en la expansión nacional, la institucionalización del sistema como servicio permanente del MAG, y el establecimiento del ciclo de actualización anual del modelo econométrico subyacente.

4.7 Indicadores de evaluación y sostenibilidad

La evaluación del impacto del SIMCAT se realizará mediante nueve indicadores clave de desempeño (KPIs) organizados en tres dimensiones. En la dimensión de alcance e implementación: porcentaje de productores registrados con acceso al sistema sobre el total del padrón MAG (meta: 70% al año 2); número de alertas generadas y tiempo promedio de respuesta institucional ante alertas de nivel Rojo (meta: respuesta en menos de 5 días hábiles); y cobertura provincial del sistema (meta: 16 de 17 provincias productoras al año 2). En la dimensión de efecto sobre la transmisión: variación del ITP promedio antes y después de la implementación (meta: $ITP \geq 0,88$ en el año 2 frente a 1,00 de línea base (ITP de referencia = 1,00 por construcción)); reducción de la frecuencia e intensidad de los episodios de alerta Roja en relación con la fase pre-SIMCAT; y variación en la velocidad de ajuste del ECT (meta: reducción de la vida media a menos de 3 meses). En la dimensión de sostenibilidad institucional: existencia de partida presupuestaria anual dedicada al SIMCAT en el presupuesto del MAG; número de actualizaciones anuales del modelo econométrico subyacente (meta: al menos 1 por año); y nivel de satisfacción de los productores con la utilidad y comprensibilidad de las alertas (meta: $\geq 75\%$ satisfecho o muy satisfecho en

encuesta anual). La evaluación de impacto formal se realizará al finalizar el año 2, comparando indicadores de precios y de percepción de equidad entre un grupo de tratamiento (provincias con SIMCAT implementado) y un grupo de control (provincias sin implementación durante el piloto), siguiendo un diseño cuasi-experimental de diferencias en diferencias.

4.8 Modelo lógico del SIMCAT

El modelo lógico del SIMCAT articula la cadena causal que conecta los insumos del sistema con sus resultados e impactos esperados. Los insumos del sistema comprenden: los datos primarios de precios (ICCO y MAG-SIPA), la infraestructura tecnológica (servidores, conexiones, aplicación móvil, sistema SMS), el equipo técnico interdisciplinario, los convenios interinstitucionales y el presupuesto asignado. Las actividades del sistema incluyen la ingesta automática de datos, el procesamiento econométrico mensual, la generación y clasificación de alertas, y la difusión multicanal de la información. Los productos directos son: el ITP actualizado mensualmente, el nivel de alerta vigente (verde/amarillo/rojo), los reportes técnicos mensuales y los materiales educativos para productores. Los resultados intermedios esperados son: mayor conocimiento de los precios de mercado por parte de los productores, mejor capacidad de negociación con intermediarios, y respuesta institucional más oportuna ante desviaciones de las relaciones de equilibrio. El impacto final de largo plazo esperado es la reducción de las asimetrías distributivas en la cadena cacaotera ecuatoriana, medida como el incremento del ratio P_{prod}/P_{int} de su valor histórico promedio de 0,82 hacia una meta de 0,88–0,92 en el horizonte de cinco años de operación del sistema.

El modelo lógico identifica también los principales supuestos que deben cumplirse para que la cadena causal se materialice. El primer supuesto es que los productores efectivamente acceden a la información difundida por el SIMCAT y la utilizan en sus negociaciones de venta: sin adopción activa, el sistema puede generar información valiosa sin producir cambios en el comportamiento del mercado. El segundo supuesto es que existe competencia suficiente en el mercado de acopio local para que los productores puedan comparar ofertas entre compradores una vez que conocen los precios de referencia: en mercados de monopsonio puro, la información de precios por sí sola no mejora el poder de negociación

del productor. El tercer supuesto es la sostenibilidad institucional: el sistema debe mantenerse operativo y actualizado a lo largo del tiempo para que los productores lo adopten como fuente de referencia habitual. Los planes de mitigación de riesgos para cada uno de estos supuestos se incorporan en el diseño del Plan de Implementación descrito en la sección 4.5.

La teoría del cambio que subyace al SIMCAT combina dos mecanismos de impacto. El primer mecanismo es directo e individual: cada productor que accede al ITP y al nivel de alerta tiene información concreta sobre si el precio que le están ofreciendo en ese momento está alineado con el precio internacional, lo que fortalece su capacidad de rechazar ofertas subóptimas o de negociar condiciones más favorables. El segundo mecanismo es indirecto y sistémico: la existencia pública y conocida de un sistema de monitoreo de precios puede generar incentivos en los intermediarios para reducir la retención de márgenes, aun si no todos los productores utilizan activamente el sistema, por el efecto disuasivo de la transparencia. Este mecanismo sistémico (denominado en la literatura "disciplina de mercado por transparencia") ha sido documentado en la experiencia de sistemas de información de precios en otros países y podría ser el canal de impacto más importante en el mediano plazo (FAO, 2022; World Bank, 2026).

4.9 Gestión de riesgos del proyecto SIMCAT

La gestión sistemática de los riesgos del proyecto SIMCAT es un componente esencial del plan de implementación, dada la complejidad técnica e institucional de la propuesta y la diversidad de actores involucrados. La matriz de riesgos del proyecto identifica cuatro categorías de riesgo con sus respectivas probabilidades e impactos estimados. El riesgo de discontinuidad presupuestaria (probabilidad media, impacto alto) se mitiga mediante la búsqueda de financiamiento complementario de cooperación internacional (FIDA, FAO, BID) y la incorporación del SIMCAT en los instrumentos de política plurianual del MAG, lo que dificulta su eliminación en revisiones presupuestarias anuales. El riesgo de baja adopción por parte de los productores (probabilidad media, impacto alto) se mitiga mediante una estrategia de socialización progresiva articulada con las organizaciones de productores existentes y mediante la formación de "agentes de información" en cada zona productora, productores capacitados que actúan como nodos de difusión local del sistema.

El riesgo de obsolescencia tecnológica (probabilidad baja, impacto medio) se mitiga adoptando arquitecturas tecnológicas basadas en estándares abiertos (Python, PostgreSQL, APIs REST) que facilitan la actualización modular del sistema sin necesidad de rediseño completo. El riesgo de resistencia de los intermediarios (probabilidad media, impacto medio) se aborda mediante la comunicación transparente de que el SIMCAT no tiene por objetivo eliminar la intermediación sino hacerla más eficiente y equitativa, lo que en el largo plazo beneficia también a los intermediarios que basan su negocio en la calidad del servicio más que en la retención de márgenes de información. Adicionalmente, el diseño del sistema incluye indicadores de precios en varios eslabones de la cadena (no solo para el productor sino también para el acopiador y el exportador) lo que puede hacer del SIMCAT una herramienta útil también para los intermediarios en sus propias negociaciones con exportadores y compradores internacionales.

4.10 Evaluación económica del SIMCAT: costo-beneficio simplificado

La evaluación económica preliminar del SIMCAT utiliza un análisis costo-beneficio simplificado de horizonte cinco años para estimar si los beneficios esperados de la mejora en la transmisión de precios justifican la inversión requerida. Los costos totales del sistema en el horizonte de cinco años suman USD 845.000 (incluyendo los USD 170.000 del año 1 y un promedio de USD 168.750 por año (total años 2–5: USD 675.000) en los años 2 a 5 bajo el escenario de mantenimiento y operación), según la estimación presupuestaria del Plan de Implementación. Los beneficios se estiman bajo tres escenarios según el grado de adopción del sistema por parte de los productores.

En el escenario ilustrativo optimista, el SIMCAT alcanza el 30 por ciento de los 250.000 productores de cacao ecuatorianos (75.000 productores) en el año 5 de operación, y logra una mejora en el precio promedio recibido de USD 50 por tonelada como resultado de la mejora en el poder de negociación. Con una producción media de 0,8 TM/productor/año, los beneficios anuales en el año 5 serían de $75.000 \times 0,8 \times 50 = \text{USD } 3 \text{ millones}$, lo que supera los costos anuales de operación (USD 168.750) en un factor de 17. El valor presente neto (VPN) del proyecto a una tasa de descuento del 12 por ciento anual sería de aproximadamente USD 4,2 millones, y la TIR estimada superaría el 45 por ciento.

En el escenario ilustrativo conservador, la cobertura en el año 5 es del 10 por ciento de los productores (25.000) y la mejora de precio es de USD 30 por tonelada, generando beneficios anuales de $25.000 \times 0,8 \times 30 = \text{USD } 600.000$ en el año 5. El VPN bajo el escenario conservador sería de aproximadamente USD 680.000, con una TIR del 18 por ciento, todavía superior a la tasa de descuento del 12 por ciento. El escenario pesimista, con 5 por ciento de cobertura y USD 20 por tonelada de mejora, generaría VPN prácticamente neutro. La probabilidad de que el proyecto sea económicamente viable (es decir, que el VPN sea positivo) se estima en el 75 al 80 por ciento bajo distribuciones de probabilidad razonables para los parámetros clave (cobertura y mejora de precio).

Es importante reconocer que esta evaluación económica es preliminar e ilustrativa y está basada en supuestos que deberán validarse con datos empíricos de la fase piloto. En particular, el supuesto de una mejora de USD 30-50 por tonelada como resultado del acceso a información no está sustentado por evidencia empírica específica del caso ecuatoriano, y se basa en extrapolaciones de los estudios de impacto de sistemas de información de precios en otros países (Waarts et al., 2021; FAO, 2022). La evaluación de impacto de la fase piloto, planeada para el año 3 de implementación, deberá producir estimaciones causales más robustas mediante un diseño cuasi-experimental que compare productores en zonas con y sin acceso al SIMCAT, controlando por factores de selección que podrían sesgar los resultados de una comparación simple de medias.

4.11 Articulación del SIMCAT con la política nacional de información agrícola

Para garantizar su sostenibilidad institucional y maximizar su impacto, el SIMCAT debe articularse con el ecosistema existente de sistemas de información agrícola del Ecuador. La articulación más directa es con el SIPA-MAG (Sistema de Información y Precios Agropecuarios del Ministerio de Agricultura), que es una de las fuentes primarias de datos del SIMCAT y con cuya metodología de recolección de precios debe ser plenamente compatible. Se propone que el SIMCAT no reemplace al SIPA-MAG sino que lo complemente, añadiendo la capa de análisis econométrico y de generación de alertas sobre los datos ya recolectados por el sistema ministerial. Esta complementariedad reduce los costos de recolección de datos y fortalece la legitimidad institucional del SIMCAT al vincularlo con un sistema oficial ya establecido.

La segunda articulación estratégica es con el sistema de información estadística del Banco Central del Ecuador (BCE), que publica regularmente índices de precios, estadísticas de comercio exterior y datos macroeconómicos relevantes para el sector cacaotero. La incorporación del ITP calculado por el SIMCAT en los boletines estadísticos del BCE o en los informes de coyuntura del sector agrícola daría mayor visibilidad y legitimidad al indicador, y facilitaría su adopción como referencia estándar en el análisis del sector. La tercera articulación es con los sistemas de información de las organizaciones gremiales del sector: ANECACAO, las cámaras de exportadores y las federaciones de productores podrían distribuir las alertas del SIMCAT a través de sus propios canales de comunicación con socios y afiliados, multiplicando el alcance del sistema sin costo adicional significativo.

CAPÍTULO V: VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Valores calculados y verificados mediante script R (Bloque 19). Ver Anexo 4 para el instrumento completo de puntuaciones y Anexo 5 para el script R de análisis.

5.1 Metodología de validación por criterio de expertos

La validación del Sistema Inteligente de Monitoreo y Alerta Temprana de Transmisión de Precios del Cacao (SIMCAT) se realizó mediante el método de criterio de expertos, también conocido como juicio de especialistas, que consiste en someter la propuesta a la evaluación de personas con formación académica y experiencia profesional reconocida en las áreas relevantes para el sistema propuesto. Este método es ampliamente utilizado en la validación de propuestas de sistemas de información, herramientas de política pública y modelos de gestión en el campo de la economía agrícola y el desarrollo rural, y es uno de los dos enfoques contemplados en los lineamientos del proceso de titulación de la Facultad de Posgrados de la UNEMI para la validación del Capítulo V. Su fortaleza reside en que integra no solo la valoración técnica del sistema, sino también el criterio de personas con conocimiento práctico del contexto institucional y operativo en el que el SIMCAT deberá implementarse.

El proceso de validación siguió los siguientes pasos metodológicos: (1) definición del perfil de los expertos requeridos, con criterios de inclusión centrados en formación en economía agrícola o afines, experiencia mínima de diez años en el sector cacaotero ecuatoriano o en

sistemas de información agrícola, y conocimiento de metodologías cuantitativas de análisis de precios; (2) identificación y contacto de los expertos seleccionados; (3) envío del documento resumen de la propuesta SIMCAT con carta de presentación formal; (4) aplicación del instrumento de valoración, diseñado con escala Likert de cinco puntos; (5) análisis estadístico de las valoraciones recibidas, incluyendo el cálculo del coeficiente de concordancia de Kendall para evaluar el acuerdo entre expertos; y (6) incorporación de las observaciones cualitativas de los expertos como insumo para la mejora de la propuesta. El proceso cumple con el requisito mínimo de cinco expertos establecido en los lineamientos de la UNEMI.

5.2 Instrumento de validación

El instrumento de valoración se diseñó con quince ítems organizados en cuatro dimensiones, cada uno valorado en una escala ordinal de 1 (Muy inadecuado) a 5 (Muy adecuado). La Dimensión I, denominada Pertinencia y fundamentación teórica, comprende cuatro ítems que evalúan: (I.1) la correspondencia entre el diagnóstico econométrico y la propuesta del SIMCAT; (I.2) la solidez de los fundamentos teóricos de la propuesta; (I.3) la coherencia entre los objetivos del SIMCAT y los problemas identificados en el diagnóstico; y (I.4) la pertinencia del índice ITP como indicador central del sistema. La Dimensión II, Viabilidad técnica e institucional, incluye cuatro ítems: (II.1) la factibilidad técnica de la plataforma tecnológica propuesta; (II.2) la adecuación del marco institucional (MAG-ANECACAO-BCE-organizaciones) para la implementación; (II.3) la razonabilidad del presupuesto estimado; y (II.4) la viabilidad de los plazos del plan de implementación. La Dimensión III, Funcionalidad del sistema SIMCAT, contiene cuatro ítems: (III.1) la claridad y utilidad de los niveles de alerta (verde/amarillo/rojo); (III.2) la idoneidad del ECT como base técnica para el sistema de alertas; (III.3) la pertinencia de los canales de difusión propuestos para llegar a los productores; y (III.4) la utilidad del módulo de análisis econométrico automatizado. La Dimensión IV, Impacto esperado y sostenibilidad, comprende tres ítems: (IV.1) el potencial del SIMCAT para reducir las asimetrías de información en la cadena cacaotera; (IV.2) la sostenibilidad institucional y financiera de largo plazo del sistema; y (IV.3) la pertinencia de los KPIs propuestos para la evaluación de impacto.

5.3 Perfil de los expertos consultados

El panel de expertos se integró por cinco especialistas con perfiles complementarios que cubren las dimensiones teórica, técnica, institucional y de práctica sectorial relevantes para la evaluación del SIMCAT. El Experto 1 (E1) es la Econ. Merlyn Casanova Loor, Directora Ejecutiva de la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao del Ecuador (ANECACAO), con amplio conocimiento del mercado internacional del cacao y de la cadena exportadora ecuatoriana. El Experto 2 (E2) es el Econ. José Díaz Montenegro, PhD, Profesor Titular de la Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), con formación doctoral en Sostenibilidad (Universitat Politècnica de Catalunya) y experiencia en economía agraria y gestión de proyectos; su perfil garantiza la evaluación del rigor metodológico de la propuesta. El Experto 3 (E3) es el Ing. Freddy Cabello, Gerente de la Unión de Organizaciones Campesinas Cacaoteras del Ecuador (UNOCACE) desde 2001, organización que agrupa a 1.360 agricultores en 10 provincias y exporta directamente a mercados europeos (ventas 2025: USD 18,8 millones). El Experto 4 (E4) es el Sr. Jorge Ortiz, Presidente de UNOCACE, cuya perspectiva directiva complementa la visión operativa del E3 con énfasis en representatividad gremial y condiciones comerciales de los pequeños productores. El Experto 5 (E5) es la Sra. Ruth Brisaida Cayapa Tapuy, Presidenta de Kallari, organización de productores de cacao orgánico de la Amazonía ecuatoriana, que aporta la perspectiva de productores en cadenas de valor diferenciadas. Los expertos E3 y E4, si bien pertenecen a la misma organización, ejercen roles distintos (gestión operativa vs. representación gremial), lo que garantiza perspectivas complementarias sobre la viabilidad institucional del SIMCAT.

5.4 Resultados de la validación por experto

Las valoraciones individuales de los cinco expertos para cada uno de los quince ítems del instrumento se presentan en el Cuadro 4 (Anexo 4). La Dimensión I (Pertinencia y fundamentación teórica) obtuvo la valoración media de 4,85 sobre 5,00, con cuatro ítems valorados entre 4,60 y 5,00. El ítem I.1 (correspondencia diagnóstico-propuesta SIMCAT) fue el único que recibió valoración máxima unánime (5,0), expresando el consenso de los expertos sobre la solidez del vínculo entre el diagnóstico econométrico y la solución propuesta. El ítem I.4 (pertinencia del índice ITP) registró la valoración más baja de la

dimensión (4,60), con algunos expertos expresando que el ITP requiere validación empírica adicional antes de convertirse en indicador de referencia institucional.

En la Dimensión II (Viabilidad técnica e institucional), la valoración media fue de 4,05 sobre 5,00. El ítem II.2 (adecuación del marco institucional MAG-ANECACAO) recibió valoración unánime de 5,00, lo que refleja el reconocimiento experto de la pertinencia de los actores institucionales identificados. En contraste, los ítems II.3 (razonabilidad del presupuesto estimado, media=3,40) y II.4 (viabilidad del plan de implementación de 24 meses, media=3,40) concentraron las valoraciones más bajas de todo el instrumento. Los expertos de campo expresaron que el presupuesto total estimado (USD 845.000 en cinco años, con USD 170.000 de inversión inicial en el año 1) podría resultar insuficiente para cubrir los costos de infraestructura tecnológica y capacitación, y que el horizonte temporal de 24 meses es ambicioso dado el contexto institucional ecuatoriano.

En la Dimensión III (Funcionalidad del sistema SIMCAT), la valoración media alcanzó 4,90 sobre 5,00, la más alta entre las cuatro dimensiones. Los ítems III.1 (claridad de las alertas semáforo), III.3 (pertinencia de los canales de difusión) y III.2 y III.4 (base técnica y módulo econométrico) recibieron valoraciones entre 4,80 y 5,00. Este resultado indica que los expertos consideran que el diseño funcional del SIMCAT es técnicamente sólido y comunicacionalmente accesible para los productores. En la Dimensión IV (Impacto y sostenibilidad), la media global fue de 4,40 sobre 5,00. El ítem IV.1 (potencial para reducir asimetrías de información) y IV.3 (pertinencia de los KPIs) obtuvieron valoración unánime de 5,00. Sin embargo, IV.2 (sostenibilidad institucional y financiera de largo plazo) registró una media de 3,20, la más baja de todo el instrumento, con cuatro de los cinco expertos asignando la valoración mínima de 3 (Adecuado con reservas), reflejando escepticismo sobre la capacidad del Estado ecuatoriano para mantener financiamiento continuo al sistema.

5.5 Análisis estadístico de la concordancia entre expertos

La valoración media global del SIMCAT, calculada como promedio de las valoraciones de los cinco expertos en los quince ítems, fue de 4,56 sobre 5,00, equivalente al 91,2 por ciento de la valoración máxima posible. El V de Aiken global de 0,890 supera el umbral de 0,80 recomendado en la literatura especializada (Aiken, 1985; Ecurra, 1988), confirmando la

validez de contenido de la propuesta SIMCAT desde la perspectiva del juicio experto. A nivel de dimensiones, el V de Aiken fue de 0,963 para la Dimensión I (Pertinencia teórica), 0,763 para la Dimensión II (Viabilidad), 0,975 para la Dimensión III (Funcionalidad) y 0,850 para la Dimensión IV (Impacto). Los valores por debajo de 0,80 en la Dimensión II son atribuibles a las valoraciones de los ítems de presupuesto e implementación, que los expertos identifican como áreas de mejora en la propuesta.

El coeficiente W de Kendall global fue de 0,509 ($\chi^2 = 35,61$, $gl = 14$, $p = 0,001$), indicando una concordancia moderada estadísticamente significativa entre los cinco expertos en la valoración relativa de los quince ítems. La interpretación del W global debe contextualizarse: las Dimensiones I y III presentaron W bajos ($W=0,088$ y $W=0,032$, respectivamente, $p>0,70$) debido al efecto de techo —los expertos valoraron casi todos los ítems con 5, lo que impide la diferenciación ordinal—. En contraste, las Dimensiones II ($W=0,712$, $p=0,014$) y IV ($W=0,750$, $p=0,024$) presentaron concordancia alta y estadísticamente significativa, toda vez que los expertos convergieron de forma consistente en identificar los ítems de presupuesto (II.3), cronograma de implementación (II.4) y sostenibilidad financiera (IV.2) como los aspectos más débiles de la propuesta.

5.6 Observaciones cualitativas y ajustes a la propuesta

Además de las valoraciones cuantitativas, los expertos proporcionaron observaciones cualitativas que enriquecen la propuesta. La Dra. Casanova Loor (ANECACAO) enfatizó la necesidad de articular el SIMCAT con los sistemas de información ya existentes en ANECACAO para garantizar la adopción gremial. El Dr. Díaz Montenegro (UNEMI) recomendó incorporar intervalos de confianza bootstrap para los multiplicadores L^+ y L^- en las actualizaciones anuales del modelo, a fin de fortalecer la robustez estadística del ITP. El Ing. Cabello (UNOCACE) destacó que el canal de difusión SMS/WhatsApp es prioritario sobre la plataforma web, dado que la mayoría de los productores asociados no acceden regularmente a internet fijo. El Sr. Ortiz (UNOCACE) solicitó que el diseño institucional contemple un mecanismo de gobernanza participativa donde las organizaciones de productores tengan voz en la recalibración anual de los parámetros del sistema. La Sra. Cayapa Tapuy (Kallari) señaló que para las comunidades amazónicas con cacao Fino de

Aroma, el índice ITP debería distinguir entre los precios diferenciados de cacao CCN-51 y Fino de Aroma, dado que responden a mercados distintos.

En conjunto, el proceso de validación por criterio de expertos confirma la pertinencia técnica, la viabilidad institucional y el potencial de impacto del SIMCAT como respuesta de política pública a las asimetrías de transmisión de precios documentadas en el Capítulo III. La valoración media de 4,63/5,00 con concordancia $W=0,87$ constituye evidencia suficiente, según los estándares de la literatura de validación por expertos en investigación aplicada, para considerar que la propuesta está técnicamente fundamentada y que cuenta con el respaldo de especialistas con conocimiento del sector. Las limitaciones reconocidas (particularmente la incertidumbre sobre la sostenibilidad financiera) son características comunes a los proyectos de sistemas de información pública y deberán gestionarse en la fase de implementación mediante la búsqueda activa de fuentes de financiamiento diversificadas, incluyendo cooperación técnica internacional.

5.7 Limitaciones del proceso de validación

El proceso de validación por criterio de expertos tiene fortalezas reconocidas (rapidez de implementación, integración de conocimiento tácito especializado, factibilidad en ausencia de datos de implementación real) pero también limitaciones metodológicas que deben reconocerse con transparencia. La principal limitación es el riesgo de sesgo de aquiescencia (acquiescence bias): los expertos consultados pueden tener incentivos implícitos para valorar positivamente propuestas que son consistentes con sus propias posiciones técnicas o institucionales, especialmente cuando son contactados directamente por el investigador responsable del estudio. Este riesgo se mitiga parcialmente por la inclusión en el panel de expertos con perfiles institucionales complementarios y ocasionalmente divergentes (por ejemplo, el investigador académico vs. el funcionario del sector público vs. el representante del sector privado exportador) cuyas perspectivas pueden diferir sobre la pertinencia de la intervención.

Una segunda limitación es que la validación evalúa la propuesta en su forma documental, sin posibilidad de observar el sistema en funcionamiento. Los expertos valoran el diseño

conceptual del SIMCAT, no su implementación real: es posible que en la práctica surjan obstáculos técnicos, institucionales o de adopción que no son visibles en el análisis de la propuesta escrita. Esta limitación es inherente a cualquier proceso de validación ex ante de propuestas de sistemas de información y justifica la importancia de la fase piloto contemplada en el Plan de Implementación: los resultados de esa fase piloto permitirán una validación ex post más robusta, basada en evidencia empírica de funcionamiento real. Finalmente, la escala Likert de cinco puntos utilizada en el instrumento es una medida ordinal y no cardinal, lo que implica que el promedio de las valoraciones tiene un valor indicativo pero no necesariamente reflejan distancias proporcionales entre categorías. El coeficiente de Kendall aborda este limitante al ser un estadístico de rangos, pero la interpretación cuantitativa de los promedios debe realizarse con precaución.

5.8 Contribuciones de la propuesta al conocimiento y a la práctica

Más allá de su utilidad directa como herramienta de política pública para el sector cacaotero ecuatoriano, la propuesta SIMCAT realiza contribuciones al conocimiento y a la práctica en al menos tres dimensiones. La primera es metodológica: la integración del análisis de cointegración y del ECT como base técnica de un sistema de alertas de precios representa una innovación respecto a los sistemas de información agrícola existentes, que típicamente se limitan a reportar precios históricos sin generar señales sobre desviaciones de las relaciones de equilibrio de largo plazo. Esta integración permite al SIMCAT distinguir entre variaciones de precio que son "normales" dentro de la dinámica de ajuste del mercado y desviaciones que señalan una interrupción atípica de la transmisión, lo que aumenta significativamente la utilidad de la información para la toma de decisiones de política.

La segunda contribución es empírica: el ITP calculado por el SIMCAT proporciona, por primera vez en el contexto ecuatoriano, una medida regularmente actualizada y técnicamente robusta de la equidad de la transmisión de precios en la cadena cacaotera. Esta medida puede integrarse en los sistemas de seguimiento y evaluación de la política agrícola del MAG, en los informes de coyuntura del BCE, y en los reportes anuales de ANECACAO, ampliando el conjunto de indicadores disponibles para el monitoreo del sector. La tercera contribución es práctica: el diseño técnico detallado del SIMCAT (con sus módulos, canales de difusión, sistema de alertas y plan de implementación) proporciona a las autoridades del MAG un

instrumento listo para ser evaluado y eventualmente implementado, reduciendo los costos de transacción de convertir el conocimiento científico en acción de política pública.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La presente investigación examinó la dinámica de transmisión de precios internacionales del cacao hacia el productor ecuatoriano durante enero 2016–diciembre 2025, respondiendo a la pregunta central sobre la magnitud, velocidad y simetría de dicha transmisión, y propuso el SIMCAT como instrumento de política pública para abordar las asimetrías identificadas. Los resultados permiten formular seis conclusiones que responden directamente a los objetivos específicos planteados.

Primera conclusión. La serie mensual de precios construida a partir de fuentes institucionales primarias (ICCO y MAG-SIPA) es representativa del mercado cacaotero ecuatoriano: el margen de desviación entre la media ponderada y la media simple es de 1,98 por ciento, con una correlación de 0,9988 entre ambas series alternativas. La ratio promedio $P_{prod}/P_{int} = 0,82$ confirma que el productor ecuatoriano recibe sistemáticamente el 82 por ciento del precio internacional de referencia, con el 18 por ciento absorbido por los eslabones de intermediación y los costos de la cadena. Esta brecha, aunque dentro de rangos observados en otras cadenas cacaoteras del mundo, tiene una distribución asimétrica en el tiempo que no es neutral para el productor.

Segunda conclusión. Ambas series de precios (IP_{int} y IP_{prod}) son integradas de orden uno $I(1)$, según la evidencia concordante del test ADF (que no rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria en niveles y la rechaza en primeras diferencias) y del test KPSS, que rechaza la estacionariedad en niveles y no la rechaza en diferencias,. Esta caracterización de las propiedades de integración es el prerequisite técnico que valida la aplicación de los modelos de cointegración y corrección del error empleados en el estudio.

Tercera conclusión. Existe una relación de cointegración de largo plazo entre IP_{int} y IP_{prod} , con elasticidad $\beta = 1,018$ estadísticamente indistinguible de la unidad (prueba $F = 1,697$, $p = 0,195$). El mecanismo de corrección del error opera con velocidad $\lambda = -0,1996$ (significativo al 1%), equivalente a una vida media de desequilibrio de 3,11 meses. Estos resultados confirman la Hipótesis 1 de la investigación: en el largo plazo, la elasticidad estimada es consistente con la Ley del Precio Único, lo que sugiere integración efectiva de los mercados, aunque este resultado no implica ausencia de fricciones ni transmisión simultánea de cada movimiento de precio.

Cuarta conclusión. La transmisión de precios es asimétrica en el largo plazo de forma estadísticamente contundente (Wald LP $p \approx 2,1 \times 10^{-26}$): las caídas sostenidas del precio internacional se transmiten al productor con mayor intensidad ($L^- = 1,0823$) que los incrementos equivalentes ($L^+ = 1,0286$). En el corto plazo, sin embargo, la simetría no es rechazada (Wald CP $p = 0,643$). Este patrón de simetría de corto plazo con asimetría de largo plazo confirma la Hipótesis 2 y es el hallazgo de mayor relevancia para la política pública: la inequidad distributiva en la cadena cacaotera ecuatoriana no se manifiesta como un sesgo inmediato sino como un sesgo acumulado a lo largo del tiempo, invisible en el análisis mes a mes pero estadísticamente innegable en el horizonte plurianual.

Quinta conclusión. Las pruebas de estabilidad estructural proporcionan apoyo parcial a la Hipótesis 3. El test de Chow detecta perturbaciones marginalmente significativas al 10 por ciento ($p = 0,066$) en torno al período de boom 2023–2024, pero el algoritmo de Bai-Perron no identifica quiebres estructurales formales según el criterio BIC ($m=0$ óptimo) y los tests CUSUM se mantienen dentro de las bandas críticas. En conjunto, la evidencia indica que el boom de precios de 2023–2024 introdujo perturbaciones transitorias en la dinámica de transmisión, sin destruir la relación de cointegración de largo plazo entre ambos mercados.

Sexta conclusión. El SIMCAT, propuesto en el Capítulo IV como respuesta a las asimetrías documentadas, es validado favorablemente por el panel de expertos consultados, con una valoración media de 4,63/5,00 y un coeficiente de concordancia de Kendall $W = 0,87$ ($p < 0,001$). El sistema es considerado pertinente, técnicamente viable y con potencial de impacto

real sobre las asimetrías de información en la cadena cacaotera ecuatoriana. Las observaciones cualitativas de los expertos (sobre gobernanza, granularidad de los indicadores y priorización de canales de difusión) enriquecen la propuesta y orientan su implementación.

Declaración de uso de Inteligencia Artificial

Durante la preparación de este trabajo, utilicé Claude (Anthropic) como herramienta de apoyo en la revisión de redacción y estilo del documento, en la organización estructural de los capítulos, y en la verificación de la consistencia de cifras económicas reportadas a lo largo del texto. La herramienta actuó únicamente como asistente de edición y organización, sin intervenir en el diseño metodológico, la recopilación de los datos, ni en el análisis estadístico e interpretativo de los resultados, los cuales son de mi exclusiva autoría. Toda la información generada con apoyo de esta herramienta fue revisada, contrastada y validada por mí, asumiendo plena responsabilidad por el contenido final de esta investigación.

Recomendaciones

Las cinco recomendaciones se articulan en tres ámbitos: política pública agrícola (primera), implementación y actualización del SIMCAT (tercera), e investigación futura (segunda, cuarta y quinta).

Primera recomendación. El MAG debe priorizar la implementación del SIMCAT dentro de su Plan Estratégico 2026–2030, asignando una partida presupuestaria específica desde el primer año fiscal. La experiencia internacional indica que los sistemas de información agrícola que no cuentan con financiamiento institucional estable tienden a perder continuidad operativa en los primeros dos años: una línea presupuestaria protegida es condición necesaria para la sostenibilidad del sistema.

Segunda recomendación. Se recomienda replicar la metodología de análisis económico de esta investigación en otros commodities agrícolas ecuatorianos con alta concentración de pequeños productores (banano, camarón, flores) para determinar si el patrón de asimetría de largo plazo documentado para el cacao es un fenómeno específico del sector o una

característica estructural del sistema de intermediación agrícola en Ecuador. Esta agenda comparativa enriquecería la base de evidencia disponible para la política agrícola nacional.

Tercera recomendación. El modelo econométrico subyacente al SIMCAT debe actualizarse anualmente con los nuevos datos de precio disponibles, y cada dos años debe realizarse una revisión formal de los parámetros estructurales del sistema de alertas. Los umbrales de los niveles de alerta ($\pm 1\sigma$ y $\pm 2\sigma$ del ECT) se deben recalcular con la serie histórica acumulada para evitar que queden desactualizados en períodos de alta volatilidad como el experimentado en 2023–2024.

Cuarta recomendación. Futuros estudios deberían abordar la extensión del análisis a datos de frecuencia semanal o quincenal, que permitirían capturar dinámicas de ajuste más rápidas que las detectadas con datos mensuales. Adicionalmente, el análisis desagregado por provincia y por variedad (CCN-51 vs. Fino de Aroma) aportaría información valiosa sobre la heterogeneidad espacial de la transmisión, con implicaciones directas para la focalización de las intervenciones del SIMCAT en las zonas donde la inequidad distributiva es más pronunciada.

Quinta recomendación. La no-normalidad de los residuos del ECM identificada en esta investigación sugiere la conveniencia de explorar en futuros trabajos enfoques econométricos más robustos a distribuciones de colas pesadas, tales como la regresión cuantílica para el análisis de la transmisión en diferentes percentiles de la distribución de precios, o métodos de bootstrap para la inferencia en el NARDL. Estos enfoques permitirían obtener conclusiones más matizadas sobre el comportamiento de la transmisión en períodos de volatilidad extrema como el boom de 2023–2024.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANECACAO. (2023). Exportaciones de cacao ecuatoriano: análisis anual 2022–2023. Asociación Nacional de Exportadores de Cacao. https://anecacao.com/revista/#flipbook-df_5576/15/
- Ardeni, P. G. (1989). Does the law of one price really hold for commodity prices? *American Journal of Agricultural Economics*, 71(3), 661–669. <https://doi.org/10.2307/1242021>
- Avadí, A. (2023). Environmental assessment of the Ecuadorian cocoa value chain with statistics-based LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 28(7), 892–910. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02142-4>
- Bai, J., & Perron, P. (1998). Estimating and testing linear models with multiple structural changes. *Econometrica*, 66(1), 47–78. <https://doi.org/10.2307/2998540>
- BCE. (2024). Estadísticas de comercio exterior: exportaciones de cacao 2016–2024. Banco Central del Ecuador. <https://www.bce.fin.ec/>
- Brown, R. L., Durbin, J., & Evans, J. M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 37(2), 149–163. <https://doi.org/https://www.jstor.org/stable/2984889>
- Chow, G. C. (1960). Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions. *Econometrica*, 28(3), 591–605. <https://doi.org/10.2307/1910133>
- Coral, J., Helfenstein, J., Snoeck, D., & Ruf, F. (2024). Elongating the causes of social vulnerability: Historical analysis of social dimensions of sustainability in a cocoa supply chain. *World Development*, 173, 106411. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106727>

Díaz-Montenegro, J., Rizzi, A., & Camanzi, L. (2018). Livelihood strategies and asset mix of cacao producers in Ecuador: The interplay between national policies and global value chains. *Journal of Rural Studies*, 61, 151–166.

<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.08.004>

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), 427–431. <https://doi.org/10.2307/2286348>

Enders, W. (2015). *Applied econometric time series* (4.^a ed.). Wiley.

Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251–276.

<https://doi.org/10.2307/1913236>

FAO. (2022). The importance of Ukraine and the Russian Federation for global agricultural markets and the risks associated with the current conflict. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/3/cb9236en/cb9236en.pdf>

Goodwin, B. K., & Holt, M. T. (1999). Price transmission and asymmetric adjustment in the U.S. beef sector. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(3), 630–637.

<https://doi.org/10.2307/1244026>

Granger, C. W. J. (1981). Some properties of time series data and their use in econometric model specification. *Journal of Econometrics*, 16(1), 121–130.

[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(81\)90079-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(81)90079-8)

Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press.

<https://doi.org/10.1515/9780691218632>

ICCO. (2024). Quarterly bulletin of cocoa statistics, Vol. L, No. 1. International Cocoa Organization. <https://www.icco.org/november-2024-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>

Jami, M., & Barrionuevo, X. (2024). Elasticidad de la oferta del cacao ecuatoriano 2014–2024. *Cuestiones Económicas*, 34(1), 45–72. Banco Central del Ecuador. <https://doi.org/10.47550/RCE/35.2.6>

Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2–3), 231–254. [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(88\)90041-3](https://doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3)

Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration, with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169–210. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.1990.mp52002003.x>

Kaestner, K., Bensch, G., & Vance, C. (2026). Pass-through of cocoa prices along the supply chain: What's left for farmers? *Journal of Agricultural Economics*, 77(1), 58–79. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.70021>

Kuhn, L., de Sousa Fragoso, R., & Siles, P. (2023). Gender inequality in the cocoa supply chain of Ecuador and Uganda: Implications for sustainability. *World Development Sustainability*, 2, 100034. <https://doi.org/10.1016/j.wds.2022.100034>

Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54(1–3), 159–178. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)

Luckstead, J. (2018). Asymmetric exchange rate pass-through in U.S. imports of cocoa. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 50(4), 595–614. <https://doi.org/10.1017/aae.2018.1>

MAG. (2023). Informe de cacao: producción, exportaciones y precios al productor 2022–2023. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador.
https://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2023/boletin_situacional_cacao_2023.pdf

Meyer, J., & von Cramon-Taubadel, S. (2004). Asymmetric price transmission: A survey. *Journal of Agricultural Economics*, 55(3), 581–611. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2004.tb00116.x>

Newey, W. K., & West, K. D. (1987). A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, 55(3), 703–708.
<https://doi.org/10.2307/1913610>

Olarte-Libreros, M. M., Rojas-Mora, J. E., Guerrero-Sierra, H. F., Niño, C., & De la Peña, N. (2025). Effects of international shocks on cocoa supply, prices, and rural household welfare. *Economies*, 13(2), Article 48. <https://doi.org/10.3390/economies13020048>

Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289–326.
<https://doi.org/10.1002/jae.616>

ProEcuador. (2023). Análisis sectorial de cacao. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones del Ecuador. <https://www.proecuador.gob.ec/category/sector/cacao-y-elaborados/>

Rapsomanikis, G., Hallam, D., & Conforti, P. (2003). Market integration and price transmission in selected food and cash crop markets of developing countries: Review and applications. En *Commodity market review 2003–2004* (pp. 141–171). FAO.

Ravallion, M. (1986). Testing market integration. *American Journal of Agricultural Economics*, 68(1), 102–109. <https://doi.org/10.2307/1241654>

Ridha, R. N., Firdaus, M., & Sahara, S. (2022). Asymmetric price transmission in the cocoa supply chain of Indonesia. *Economia Agro-Alimentare*, 24(2).
<https://doi.org/10.3280/ecag2022oa12888>

Rueda, X., Paz, A., Gibbs-Plessl, T., Leon, R., Moyano, B., & Lambin, E. F. (2018). Smallholders at a crossroad: Intensify or abandon? Drivers of sustainability and development pathways among cacao farmers in Ecuador. *Business Strategy and the Environment*, 27(2), 206–218. <https://doi.org/10.1002/bse.2011>

Sen, A. (1999). *Development as freedom*. Oxford University Press.

Shin, Y., Yu, B., & Greenwood-Nimmo, M. (2014). Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in a nonlinear ARDL framework. En R. C. Sickles & W. C. Horrace (Eds.), *Festschrift in honor of Peter Schmidt: Econometric methods and applications* (pp. 281–314). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8008-3_9

Staritz, C., Tröster, B., Grumiller, J., & Maile, F. (2022). Price-setting power in global value chains: Evidence from cocoa in Côte d'Ivoire and Ghana. *European Journal of Development Research*, 35(1), 84–107. <https://doi.org/10.1057/s41287-022-00543-z>

UNCTAD. (2023). *State of commodity dependence 2023*. United Nations Conference on Trade and Development. <https://unctad.org/publication/state-commodity-dependence-2023>

Villacis, A. H., Alwang, J., Barrera, V., & Dominguez, J. (2022). Prices, specialty varieties, and postharvest practices in the Ecuadorian cacao supply chain. *Agribusiness*, 38(4), 790–813. <https://doi.org/10.1002/agr.21730>

Waarts, Y. R., Janssen, V., Aryeetey, R., Onduru, D., Heriyanto, D., Aprillya, S. T., N'Guessan, A., Courbois, L., Bakker, D., & Ingram, V. J. (2021). Multiple pathways

towards achieving a living income for smallholder cocoa farmers in Ghana. Food Security, 13(6), 1479–1498. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01220-5>

Wienhold, K., & Roberts, D. (2025). Is the rising tide of specialty coffee lifting all boats? Price premiums and their distribution across the value chain. World Development, 188, 107103. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2025.107103>

World Bank. (2026). Commodity markets outlook: Prices decline amid subdued global demand. The World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/44610>

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro 1. Pruebas de raíz unitaria ADF y KPSS: IPint y IPprod en niveles y primeras diferencias

Variable	Nivel / Diferencia	Estadístico ADF	p-valor ADF	Estadístico KPSS	Conclusión
IPint	Niveles	−0,8481	> 0,10	1,4710***	I(1) ✓
IPint	Primera diferencia	−8,0665***	< 0,001	0,2023	I(0) ✓
IPprod	Niveles	−0,6594	> 0,10	1,4099***	I(1) ✓
IPprod	Primera diferencia	−8,8439***	< 0,001	0,1506	I(0) ✓

Nota. T = 120 (enero 2016–diciembre 2025). Rezagos seleccionados por BIC. Valores críticos ADF: −3,45 (1%), −2,87 (5%), −2,57 (10%). Valores críticos KPSS: 0,739 (1%), 0,463 (5%), 0,347 (10%). *** $p < 0,01$. Elaboración propia con datos ICCO y MAG-SIPA.

Anexo 2. Cuadro 2. Modelos de largo plazo (MCO), ECM y verificación de Johansen

Parámetro	Estimación	Error estándar HAC	Estadístico t	p-valor
-----------	------------	--------------------	---------------	---------

MCO Largo Plazo				
Constante (α)	-0,2416	0,069	-3,50	< 0,001***
IPint (β)	1,018	0,0809	12,584	< 0,001***
Prueba $\beta = 1$ (F)	1,697	—	—	0,195
R ² ajustado	0,978	—	—	—
ECM Corto Plazo				
Δ IPint (γ)	0,9488	0,0815	11,639	< 0,001***
ECT (λ)	-0,1996	0,0773	-2,581	0,011**
Vida media (meses)	3,11	—	—	—
Johansen (VECM)	Traza = 14,01	CV 10% = 17,85	—	> 0,10

Nota. Errores estándar HAC Newey-West (truncamiento automático). JB: $p = 5,03 \times 10^{-6}$ (no normalidad, limitación reconocida). *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$. Elaboración propia. BP (heteroscedasticidad): $p = 0,003$.

Anexo 3. Cuadro 3. Modelo NARDL: bounds test PSS, multiplicadores de largo plazo y pruebas de Wald

Resultado / Indicador	Valor	Referencia / Criterio
Bounds test PSS — Estadístico F	44,22	I(1) 1% = 6,36; I(0) 1% = 4,94 → Cointegración confirmada
Multiplicador LP increments. positivos (L^+)	1,0286	Respuesta del productor ante alzas sostenidas del 1%
Multiplicador LP incrementos negativos (L^-)	1,0823	Respuesta del productor ante caídas sostenidas del 1%
Wald corto plazo — F	0,8841	$p = 0,643$ → No se rechaza simetría de CP
Wald largo plazo — F	105,63	$p \approx 2,1 \times 10^{-26}$ → Asimetría LP altamente significativa
Chow (julio 2023)	$p = 0,066$	Significativo al 10%; no al 5%
Bai-Perron BIC óptimo	$m = 0$	Sin quiebres estructurales formales

CUSUM / CUSUM ²	Estable	Dentro de bandas críticas al 5% todo el período
----------------------------	---------	---

Nota. NARDL estimado con rezagos seleccionados por BIC. Errores estándar HAC.

Elaboración propia con datos ICCO y MAG-SIPA (enero 2016–diciembre 2025). ARCH (heteroscedasticidad condicional NARDL): $p < 0,001$ ($p = 0,0001$).

Anexo 4. Instrumento de validación por criterio de expertos, SIMCAT

Estimado/a experto/a: El presente instrumento tiene como propósito recoger su valoración técnica sobre la propuesta del Sistema Inteligente de Monitoreo y Alerta Temprana de Transmisión de Precios del Cacao (SIMCAT), como parte del proceso de validación de la investigación de maestría titulada "Transmisión de precios internacionales hacia el productor de cacao en Ecuador: evidencia de cointegración, asimetría y propuesta de sistema de monitoreo, 2016–2025". Por favor, valore cada ítem en una escala del 1 al 5, donde: 1 = Muy inadecuado, 2 = Inadecuado, 3 = Moderadamente adecuado, 4 = Adecuado, 5 = Muy adecuado.

Ítem	Indicador	E1	E2	E3	E4	E5	Media
DIMENSIÓN I: Pertinencia y fundamentación teórica							
I.1	Correspondencia diagnóstico–propuesta SIMCAT	5	5	5	5	5	5,0
I.2	Solidez de fundamentos teóricos	5	5	5	5	5	5,0
I.3	Coherencia objetivos SIMCAT–diagnóstico	5	5	5	5	4	4,8
I.4	Pertinencia del índice ITP como indicador central	5	4	5	4	4	4,6
DIMENSIÓN II: Viabilidad técnica e institucional							
II.1	Factibilidad técnica de la plataforma	4	4	5	5	4	4,4
II.2	Adecuación del marco institucional MAG-ANECACAO	5	5	5	5	5	5,0
II.3	Razonabilidad del presupuesto estimado	3	4	3	4	3	3,4

II.4	Viabilidad del plan de implementación 24 meses	3	3	4	3	4	3,4
DIMENSIÓN III: Funcionalidad del SIMCAT							
III.1	Claridad y utilidad de alertas verde/amarillo/rojo	5	5	5	5	5	5,0
III.2	Idoneidad del ECT como base técnica de alertas	5	4	5	5	5	4,8
III.3	Pertinencia de los canales de difusión	5	5	5	5	5	5,0
III.4	Utilidad módulo econométrico automatizado	5	5	5	5	4	4,8
DIMENSIÓN IV: Impacto y sostenibilidad							
IV.1	Potencial para reducir asimetrías de información	5	5	5	5	5	5,0
IV.2	Sostenibilidad institucional y financiera LP	3	3	4	3	3	3,2
IV.3	Pertinencia de los KPIs de evaluación de impacto	5	5	5	5	5	5,0
MEDIA GLOBAL		4,53	4,47	4,73	4,67	4,40	4,56

Nota. E1: Casanova (ANECACAO); E2: Díaz (UNEMI); E3: Cabello (UNOCACE); E4: Ortiz (UNOCACE); E5: Cayapa Tapuy (Kallari). Escala: 1 (Muy inadecuado) a 5 (Muy adecuado). W de Kendall = 0,509 ($\chi^2 = 35,61$, gl = 14, p = 0,001); V de Aiken global = 0,890. Elaboración propia.

Anexo 5. Script R: Análisis de concordancia entre expertos — Bloque 19

El script R Bloque19_Validacion_Expertos_SIMCAT.R contiene la implementación completa del análisis de concordancia interexperto descrito en el Capítulo V. El script calcula: (a) el coeficiente W de Kendall con prueba chi-cuadrado de significancia (implementación manual sin paquetes externos); (b) el coeficiente V de Aiken por ítem y global; y (c) las medias por experto y por dimensión para los 15 ítems $\times$ 5 expertos del instrumento de validación del SIMCAT. Los datos de puntuación están embebidos en el script. Puede ejecutarse con R $\geq$ 4.0 sin dependencias externas. El script está disponible como material suplementario en el repositorio institucional de la UNEMI.