

**Incidencia de la tasa de cambio real en
la rentabilidad del cultivo de arroz en
Colombia en el periodo 2019 - 2023**

Yojan Santiago Castillo Patiño

Tutor Gustavo Adolfo Díaz Valencia

Índice

Resumen	4
Palabras claves	4
Abstract.....	5
Keywords	5
Introducción.....	6
Aspectos teóricos y conceptuales	9
Estado del arte.....	11
Aspectos conceptuales	18
Economía estocástica	19
Índice de Tasa de Cambio Real (ITCR):	20
Riesgo cambiario:	21
Capítulo I	21
Caracterización del cultivo de arroz en Colombia y su relación con la Tasa de	
Cambio Real periodo 2019-2023	21
Política comercial y cambiaria	23
Capítulo II.....	36
Los riesgos cambiarios y la rentabilidad del cultivo de arroz.....	36
Evolución y calculo de la rentabilidad	39
Modelo Econometrico realizado en Stata 15	44

Regresión Lineal	44
Prueba Dickey-Fuller	45
Prueba Breusch-Pagan	46
Prueba de regresión Prais-Winsten	47
Prueba Durbin-Watson	47
Capítulo III	50
Propuesta de emisión de bonos verdes y contratos forward como mecanismos de control del riesgo cambiario.....	50
Como se emiten los bonos en Colombia	51
Regulación de los bonos verdes en Colombia	52
Propuesta de emisión de bonos verdes.....	52
Liquidación bono verde ejemplo.....	59
Propuesta de un contrato Forward	62
Conclusiones	67
Recomendaciones	70
Bibliografía	71

Resumen

El siguiente trabajo tiene como objetivo general analizar la incidencia de las tasas de cambio real y nominal en la rentabilidad del cultivo de arroz en Colombia, y su relación con el riesgo cambiario durante el periodo 2019-2023, proponiendo como instrumentos de control los bonos verdes y los contratos forward como posibles alternativas de solución a la falta de cobertura financiera de este cultivo.

Para cumplir con el objetivo general, desde el punto de vista metodológico se elaboró un modelo econométrico multivariado que contó con 26 observaciones semestrales correspondientes al periodo comprendido entre el año 2010 y 2023. La variable dependiente fue la rentabilidad del cultivo de arroz, y como una de las variables independientes se utilizó las tasas de cambio real y nominal, la cuales presentaron una relación directa con la rentabilidad del cultivo. La información utilizada se obtuvo de las bases de datos de Fedearroz. Para mitigar el riesgo asociado a la tasa de cambio, se propusieron dos instrumentos la emisión de un bono verde que permita financiar la actividad productiva con un mejor desarrollo tecnológico que mitigue los costos de producción y un contrato forward, donde el primer instrumento tiene un efecto indirecto en el control del riesgo.

Palabras claves: Tasa de cambio real, riesgo cambiario, tipo de cambio real, apreciación real, depreciación real, competitividad.

Abstract

The objective of this study is to analyze the impact of the real exchange rate on the profitability of rice cultivation in Colombia and its relationship with exchange rate risk during the period 2019-2023, proposing green bonds as a possible solution to the lack of financial coverage for Colombian rice cultivation.

To achieve the overall objective, from a methodological point of view, a multivariate econometric model was developed with 26 semi-annual observations corresponding to the period between 2010 and 2023. The dependent variable was the profitability of rice cultivation, and one of the independent variables used was the real exchange rate, which showed a direct relationship with crop profitability, demonstrating that the depreciation of the real exchange rate improved crop profitability. The information used was obtained from Fedearroz databases. To mitigate the risk associated with the exchange rate, the design of a green bond was proposed to finance productive activity with better technological development that mitigates costs.

Keywords: real exchange rate, exchange rate risk, real exchange rate, real appreciation, real depreciation, competitiveness.

Introducción

El presente trabajo de grado toma como referencia el análisis de uno de los productos agrícolas más importantes del país como lo es el cultivo de arroz, el cual participa con el tercer lugar en la producción agrícola nacional; sin embargo, su rentabilidad ha estado afectada por los efectos cambiarios, por el aumento de los precios de los insumos importados que afectan los costos de producción y unos precios que no los cubren y el por el Tratado de Libre comercio especial con Estados Unidos, influyendo en la competitividad. Para tal efecto, se analizó la incidencia de la tasa de cambio real y nominal en la rentabilidad del cultivo del arroz de Colombia durante el período comprendido entre 2019 al 2023. Es de anotar, que este producto se exporta a países como Estados Unidos y otros países latinoamericanos siendo uno de los sectores con mayor generación de empleo en el país, con aproximadamente 110.000 empleos directos y 400.000 empleos indirectos (Mosquera, 2025).

Dado lo anterior, el objetivo general de este trabajo de grado consistió analizar la incidencia de las tasas de cambio real y nominal en la rentabilidad del cultivo del arroz en Colombia durante el periodo mencionado. De igual manera, se proponen los siguientes objetivos específicos que orientan el análisis. En primer lugar, se analizó la evolución del sector arrocero en Colombia y las variaciones de la tasa de cambio real y nominal durante el periodo 2019-2022. En segundo lugar, se evaluaron los riesgos cambiarios que han incidido en el precio y la rentabilidad de las exportaciones de arroz en esos años. Finalmente, se propone estudiar la viabilidad de implementar dos propuestas de instrumentos financiero como estrategia para

mitigar el riesgo cambiario en la producción arrocerá, considerando su posible impacto dentro del mercado de commodities.

Desde el punto de vista metodológico se desarrolló un modelo de regresión lineal que permitió evaluar la incidencia de la tasa de cambio real y nominal como variables independientes y su incidencia en la rentabilidad del cultivo como variable dependiente. Esto permitió comprender las fluctuaciones de los tipos de cambio reales y nominales, así como también la incidencia de otras variables independientes como exportaciones en el comportamiento de la rentabilidad de este producto agrícola. Además, proporcionará información importante para la formulación de estrategias de gestión y control de riesgos en el futuro.

De igual forma la correlación entre el riesgo de tipo de cambio, los tipos de cambio real y nominal ayudaron a identificar patrones y relaciones que permitieron comprender mejor la dinámica de este cultivo en el sector agrícola. Asimismo, este trabajo responde a la siguiente pregunta de investigación ¿cuál fue la incidencia de las tasas de cambio real y nominal en la rentabilidad del cultivo de arroz en Colombia durante el periodo comprendido entre 2019-2023?

Esta investigación tiene un enfoque en la relación entre las tasas de cambio nominal y real y en la rentabilidad del cultivo de arroz en Colombia en el periodo 2019 - 2023. Al analizar los efectos de la tasa de cambio real y nominal en la rentabilidad de los cultivos de arroz por medio de un modelo econométrico, se evidencia una perspectiva completa de cómo las variaciones económicas impactan de forma directa al sector agrícola. En este contexto, se

identifica que los productores adolecen del problema de precios que no compensan el aumento en los costos de producción, lo que afecta directamente su rentabilidad. También se explorarán dos propuestas para mitigar el riesgo cambiario como son: la emisión de bonos verdes con la finalidad de financiar los cultivos de los arroceros colombianos, haciendo hincapié en los beneficios en materia de productividad, desarrollo sostenible, economía y avance tecnológico y de otra parte un contrato forward.

Este estudio aborda un tema de gran importancia, pero enfrenta una serie de limitaciones, como, la falta de una serie de tiempo más amplia sobre la producción de arroz dado que este cultivo es de carácter semestral. En segundo lugar, la inexistencia de bonos verdes en Colombia representa una limitación importante porque implica que no existe una infraestructura financiera y regulatoria necesaria para su emisión, la gestión de estos y otras limitaciones externas al estimar la rentabilidad del cultivo de arroz como el clima, las políticas gubernamentales y dinámicas del mercado global, si bien el sector arrocero ha sido uno de los más competitivos aún se debe mejorar su productividad debido su limitación financiera.

Desde el punto de vista metodológico y para sustentar la relación entre las variables rentabilidad y tasas de cambio se desarrolló un modelo econométrico a partir de información estadística suministrada por Fedearroz, entidad reconocida por su rigurosidad y cobertura en el sector arrocero colombiano. Inicialmente se contaron con 24 observaciones completas, y posteriormente se complementaron hasta alcanzar las 26, garantizando así una serie más robusta para el análisis, considerando que esta información se basa en que este cultivo es de carácter semestral. La selección del periodo 2010–2023 obedece a la disponibilidad y consistencia de la

información, ya que en años anteriores no se contaba con datos completos ni uniformes que permitieran realizar un análisis econométrico confiable. Esta base de datos permitió construir un modelo con capacidad explicativa sobre la relación entre la tasa de cambio real y la rentabilidad del cultivo de arroz en Colombia.

Para el desarrollo de este trabajo de grado se consideraron los siguientes apartados: los aspectos teóricos, conceptuales y un marco de referencia que realiza una aproximación de aquellos autores que se han acercado de alguna manera a este tema de investigación; en seguida se efectuó una caracterización del sector a nivel colombiano y su relación con la tasa de cambio, donde además se involucraron otras variables que también afectan la rentabilidad del cultivo; en tercer lugar el desarrollo de un modelo econométrico basado en información estadística suministrada por el gremio de productores y finalmente se abordan las propuestas encaminadas a proponer una cobertura de los riesgos cambiarios que afectan la rentabilidad de los productores.

Aspectos teóricos y conceptuales

El marco teórico que sustenta este trabajo de grado se basa en la teoría del comercio internacional de Paul Krugman en donde el comercio intencional mejora la producción nacional y por ende este está afectado por el tipo de cambio, especialmente en lo relacionado con la importación y exportación de mercancías. Estas actividades están directamente influenciadas por el comportamiento del mercado de divisas lo que influye en los costos que generan los productos que los agricultores importan, donde se determina la tasa de cambio. Dado que dicho mercado opera bajo dinámicas de oferta y demanda, su comportamiento es altamente volátil y está sujeto a múltiples fluctuaciones y esto afecta la rentabilidad del cultivo de arroz.

En este contexto, la tasa de cambio real adquiere un papel fundamental, ya que afecta tanto la competitividad de los productos nacionales en los mercados externos como el costo de los insumos importados necesarios para la producción. Este fenómeno es particularmente relevante en sectores como el agrícola, donde los productores —como en el caso del arroz en Colombia— dependen de materias primas e insumos provenientes del exterior. Una devaluación de la moneda nacional puede incrementar sustancialmente los costos de producción, generando desequilibrios entre los precios de venta y los costos reales, lo que afecta directamente la rentabilidad del cultivo.

Autores como (Krugman. Paul, 2006) han planteado que la tasa de cambio está estrechamente relacionada con variables como las expectativas del mercado, las tasas de interés y la paridad de intereses, lo que explica en parte su alta volatilidad. Desde esta perspectiva, se analiza también la sobre-reacción del tipo de cambio ante ciertos estímulos económicos, así como la intervención de los bancos centrales para estabilizar los mercados.

En línea con esto, (Kozikowski, 2007) destaca que la cuenta corriente —al reflejar el balance entre exportaciones e importaciones— influye estructuralmente en la formación del tipo de cambio, especialmente en el largo plazo. Aunque los movimientos de capital han ganado protagonismo, la balanza comercial sigue siendo clave para comprender los fundamentos cambiarios.

Cuando los precios internos no logran compensar los costos crecientes de producción — producto de una tasa de cambio desfavorable— se generan tensiones en el sector, como lo han evidenciado manifestaciones y paros agrarios impulsados por los arroceros. Este desajuste entre costos y precios de mercado es una de las principales consecuencias de la exposición del sector agrícola a las dinámicas del mercado internacional de divisas.

Estado del arte

Diversos autores han estudiado cómo la tasa de cambio real (TCR) influye en la rentabilidad de los cultivos de arroz en Colombia, considerando factores como los precios, los costos de producción y la competitividad del sector. Instituciones como el Banco de la República y varias universidades han analizado los determinantes de la TCR y su comportamiento a lo largo del tiempo. Sin embargo, gran parte de estos estudios se enfocan en periodos anteriores a 2010. En la siguiente tabla se pueden observar algunos de los autores y trabajos más relevantes que han abordado estos temas.

Tabla 1. *Tabla del estado del arte*

Titulo	Resumen	Autor	Fecha
La Tasa de Cambio Real en Colombia. ¿Muy Lejos del Equilibrio?	En este estudio se analiza la trayectoria de diversas tasas de cambio y los factores que influyen en su comportamiento. A partir de dichos elementos, se examina el proceso de revaluación ocurrido entre 1991 y 1997, así como la fase de devaluación registrada entre 1997 y 2003.	Juan José Echavarría - Diego Vásquez - Mauricio Villamizar	2005 Banco de la Republica

	Posteriormente, se contrastan los hallazgos con investigaciones previas realizadas para el caso colombiano, y en la parte final se plantea una reflexión sobre el grado de desviación de la tasa de cambio actual respecto a su nivel de equilibrio. (Villamizar, 2005)		
¿cuáles son los determinantes de la tasa de cambio real en Colombia para el periodo 1985-2005?	Esta investigación tuvo como fin aplicar el modelo de desbordamiento desarrollado por Buitier y Miller (1981) con el fin de identificar los determinantes de la Tasa de Cambio Real en Colombia durante el periodo 1985–2005. Los resultados obtenidos evidencian una relación inversa entre el PIB y la tasa de cambio real, lo cual contradice los postulados teóricos establecidos por dichos autores. En consecuencia, se concluye que el modelo únicamente logra explicar de manera parcial la dinámica de la tasa de cambio real en el contexto colombiano. (Montoya, 2006)	María Adelaida Franco – Tatiana Montoya	2006 Universidad Eafit Departament o de economía Medellín
Economía Internacional Teoría y Política Séptima edición	Este libro representa un esfuerzo por ofrecer un marco de análisis renovado y accesible que permita comprender los principales debates de la economía internacional y acercarlos al entorno académico. El enfoque adoptado combina tanto la dimensión real como la monetaria, con el propósito de construir, de manera gradual, un esquema analítico sencillo pero coherente que articule los aportes clásicos junto con los avances y enfoques contemporáneos. Para facilitar el aprendizaje y la apropiación de la lógica económica, cada desarrollo teórico se acompaña de ejemplos empíricos, información actualizada y	Paul R Krugman Maurice Obsfeld	2006 Princeton University University of California, Berkeley

	discusiones de política económica relevantes. (Krugman. Paul, 2006)		
Finanzas internacionales	Motivado por la favorable acogida de las dos ediciones anteriores, se presenta ahora una tercera versión de Finanzas internacionales, la cual ha sido revisada y ampliada. Desde la última publicación, el proceso de globalización ha continuado profundizándose y México ha incrementado de manera significativa su integración a la economía mundial. En este contexto, la participación del comercio exterior en el PIB podría superar el 60% en pocos años. Por esta razón, el dominio de las finanzas internacionales se ha convertido en un requisito fundamental para los ejecutivos contemporáneos, lo que explica el creciente interés y la demanda por este tipo de conocimiento especializado. (Kozikowski, 2007)	Zbigniew Kozikowski Zarska	2007 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Toluca Mc Graw Hill Education Tercera edición
Riesgos Financieros y Económicos	En este trabajo se analiza la correspondencia entre los principales principios financieros y el concepto de racionalidad económica “perfecta”. Desde esta perspectiva, la noción de un consumidor plenamente racional se plantea no como una afirmación categórica, sino como una hipótesis instrumental que resulta conveniente para sustentar el desarrollo y la coherencia de la teoría económica. (Universidad de Medellín, 2008)	Universidad de Medellín	2008 Universidad de Medellín Medellín, Colombia

El riesgo cambiario y su cobertura financiera	En el contexto de la economía global y altamente competitiva actual, las empresas deben trascender el ámbito local para insertarse en escenarios internacionales que ofrezcan nuevas y mejores oportunidades de negocio. Este proceso ha implicado una transformación en los enfoques estratégicos y en los desafíos corporativos, elevando significativamente las exigencias en todas las áreas de gestión, con especial énfasis en la dimensión financiera. (Vivel Búa María Milagros, 2010)	María Milagros Vivel Búa	2010 Universidad de Santiago de Compostela Santiago de Compostela, España
Impacto del TLC con Estados Unidos en el sector agrícola colombiano, más riesgos que oportunidades (caso arroz)	Uno de los temas centrales en los enfoques recientes sobre el sector agropecuario se relaciona con los efectos que ejercen las políticas macroeconómicas y sectoriales sobre el desempeño de la actividad productiva. No obstante, persiste con frecuencia la percepción de que el sector agropecuario ocupa un papel secundario dentro del proceso de desarrollo económico, lo que ha llevado a un tratamiento insuficiente de las interacciones entre la política macroeconómica, los incentivos sectoriales y la dinámica productiva del agro. (Gustavo D. V., 2012)	Gustavo Adolfo Díaz Valencia	2012 Revista CIFE: Lecturas de Economía Social
Incidencia del tratado de libre comercio con estados unidos en la competitividad del sector agrícola colombiano:	Con el propósito de fortalecer la integración económica con diferentes países, Colombia ha suscrito múltiples acuerdos comerciales orientados a ampliar las fronteras del comercio exterior, facilitar la colocación de diversos productos y mejorar las condiciones de acceso a los mercados internacionales. Entre dichos acuerdos se destaca el Tratado de Libre Comercio (TLC) con Estados Unidos. No	Gustavo Adolfo Díaz Valencia	2017 Revista de economía del caribe

casos del arroz y maíz	obstante, resulta necesario evaluar sus efectos en sectores estratégicos como el arroz y el maíz, fundamentales para la seguridad alimentaria del país. Para este análisis se plantea la utilización de un sistema de ecuaciones con dos incógnitas que permita examinar el impacto del TLC y de variables como la tasa de cambio, los precios nacional e internacional, la tasa de interés y el PIB per cápita sobre la producción e importaciones. Asimismo, se recurre a un modelo gravitacional, con el fin de estudiar la influencia que ejercen las importaciones de arroz y maíz provenientes de Estados Unidos sobre la producción agrícola nacional y el mercado colombiano. (Gustavo D. V., 2017)		
Tipo de cambio real	El tipo de cambio real constituye un indicador que refleja el poder adquisitivo de una moneda respecto a otra, incorporando el efecto de los niveles de precios internos. A diferencia del tipo de cambio nominal, no se limita únicamente a la relación entre monedas, sino que considera la capacidad de compra dentro del país de origen. (López, 2018)	José Francisco López Andrés Sevilla Arias	2018 Economipedia
Instrumentos derivados como herramientas estratégicas en la comercialización y financiación en el sector	La volatilidad presente en los mercados financieros ha dado lugar a fluctuaciones que afectan directamente a empresas, economías y consumidores. Con el fin de mitigar dichos riesgos y evitar que estos repercutan en aspectos sensibles como la seguridad alimentaria o, incluso, en la política monetaria de un país, surgen los instrumentos derivados. Estos mecanismos están diseñados para proteger la rentabilidad	Ingrid Milena Buitrago Carlos Pastor Rojas	2021 El Conuco Universidad de los llanos

arrocero en la región Llanos	de la actividad productiva de los agentes vinculados de manera directa con los productos básicos. ((Ingrid Milena Buitrago, 2021)	José Isnardi Sastoque Rubio	
Fortalecimiento de los instrumentos y mecanismos de gestión del riesgo de mercado y del financiamiento no bancario	El desempeño del sector agropecuario continúa limitado por la persistencia de problemáticas estructurales de larga data. Entre ellas, destacan los reducidos márgenes de rentabilidad para los productores, afectados tanto por la baja adopción de innovaciones a nivel predial como por las deficiencias en la infraestructura de transporte. A ello se suman factores institucionales, como el alto grado de informalidad en la tenencia de la tierra y la superposición de figuras jurídicas en los procesos de titulación, junto con las restricciones de acceso al crédito formal por parte de la población rural productiva. Estas condiciones repercuten negativamente en las decisiones de inversión, profundizan las brechas territoriales y restringen las posibilidades de avanzar hacia mayores niveles de competitividad. (Ministerio de Agricultura, 2022)	Ministerio de Agricultura Desarrollo Rural (MADR) Banco Mundial (BM)	2022 Banco Mundial (BM)
La competitividad de la cadena del arroz en Colombia Un compromiso con el bienestar del agricultor	Este documento desarrolla un análisis integral de la cadena de valor del arroz en Colombia y de su evolución en los últimos años. Se destacan los principales obstáculos que limitan su eficiencia y se proponen estrategias para superarlos. El estudio incluye la estimación del valor agregado generado en cada una de las cinco zonas arroceras del país, considerando el proceso productivo completo: desde la siembra y cosecha del arroz paddy verde hasta la llegada del arroz blanco al consumidor final. Asimismo, se examinan los servicios ofrecidos por la industria molinera y se presentan los hallazgos de	Rafael Isidro Parra-Peña S Santiago Flórez G Daniel Rodríguez	2022 Cámara Induarroz y Fedesarrollo

	una encuesta aplicada a productores, diseñada específicamente para evaluar el impacto de estos servicios en la productividad, los costos de producción y la percepción de satisfacción de los agricultores. Con el fin de profundizar en los determinantes de los rendimientos y costos productivos, se emplea un modelo econométrico de tipo translog. Finalmente, se construye un modelo de equilibrio parcial que permite analizar la política comercial del sector arrocerero y se simulan los posibles efectos de una apertura total del mercado hacia el año 2030. (Rafael Isidro Parra-Peña S, 2022)		
Informe técnico final de investigación Beneficios de los bonos verdes en Colombia	Los denominados bonos verdes constituyen instrumentos financieros diseñados para canalizar recursos hacia proyectos con efectos positivos en el medio ambiente y en la sociedad. A través de ellos se busca respaldar iniciativas relacionadas con la eficiencia energética, la preservación de la biodiversidad, la mitigación del cambio climático y las estrategias de adaptación frente a sus impactos. En los últimos años, estos bonos se han consolidado como una alternativa atractiva para inversionistas interesados en apoyar proyectos sostenibles y socialmente responsables. Entre los emisores de este tipo de instrumentos se encuentran entidades gubernamentales, empresas privadas y organizaciones sin ánimo de lucro. (Sarmiento Fernández Constanza, 2023)	Constanza Sarmiento Fernández Diego Alejandro Gaona Lozano Edna Katherine Balamba Martínez María Elena Mahecha León	2023 Universidad EAN seminario de investigación - posgrado David Ocampo Guzmán Bogotá D.C.
Índice de la tasa de cambio real (ITCR)	De acuerdo con el Banco de la República el Índice de Tipo de Cambio Real (ITCR) puede interpretarse como un precio relativo que permite comparar	Banco de la Republica	Banco de la Republica 2025

	el valor de una canasta de bienes entre dos economías, expresándolos en una misma moneda. Su cálculo consiste en dividir el costo de dicho conjunto de bienes en el exterior por el costo equivalente de la misma canasta en Colombia. De esta manera, el indicador refleja la relación entre el valor asignado a los bienes en el extranjero (numerador) y su precio en el mercado interno (denominador). (Banco de la Republica de Colombia, 2025)		
--	--	--	--

Nota. En la tabla se evidencia el total de los autores que han planteado y desarrollado investigaciones relacionadas con el tema que se aborda en este trabajo de grado.

Aspectos conceptuales

En ámbito de estudio de este proyecto es necesario definir y comprender un marco conceptual solido para fundamentar el análisis y la interpretación del fenómeno estudiado, para esto se proporcionará una base conceptual robusta a través de conceptos y tópicos directamente relacionado con la tasa de cambio real, esto con el fin de delinear las principales teorías y conceptos que darán forma al marco conceptual. A continuación, se referencian los que a través de trabajo de grado se consideran como los mas relevantes para comprender el problema de investigación.

Bono verde: De acuerdo con el Código de Comercio de Colombia, los bonos se definen como “títulos-valores que incorporan una parte alícuota de un crédito colectivo constituido a cargo de una sociedad o entidad sujetas a la inspección y vigilancia del gobierno” (Código de Comercio de Colombia, Sección 4, Artículo 752) .Es así como se define a un bono verde como “un método de financiación de proyectos que tengan como fines exclusivos la mejora o mantenimiento del ambiente o la sociedad” (Fernández Hinojosa, 2018).

Competitividad: Según con Paul Krugman “la competitividad de un país no debe entenderse como la competitividad de una empresa. Un país no puede "quebrar" por perder competitividad internacional, ya que su bienestar depende principalmente de la productividad interna, no de su posición en el comercio internacional” (Krugman, 1996).

Economía estocástica: “Se considera una economía estocástica, pequeña y abierta, aquella que, está poblada por consumidores que viven para siempre con preferencias y dotaciones idénticas y que desean maximizar su satisfacción por un bien genérico de consumo. El bien de consumo es internacionalmente comerciable sin barreras arancelarias. El tipo de cambio actúa como un ancla nominal para contener la inflación de tal manera que esta última está determinada por la siguiente condición de poder de paridad de compra:

$$\frac{dPt}{Pt} = \frac{det}{et}$$

Donde: Pt: Es el nivel general de precios; et: "Es el tipo de cambio nominal”; (Venegas Martinez Francisco, 2008)

Forward: “En finanzas, un contrato forward, o simplemente forward, es un contrato no estandarizado entre dos partes para comprar o vender un activo en un momento futuro especificado a un precio acordado en el contrato.” (Hull, 2006)

Índice de Tasa de Cambio Real (ITCR): “En la construcción de este indicador se considera la metodología de Paridad de Poder Adquisitivo (PPA) (Edwards, 1989). De esta manera, el ITCR evalúa el poder adquisitivo del peso colombiano con respecto al conjunto de monedas externas. Las ponderaciones se calculan de acuerdo con el flujo de comercio exterior y reflejan la importancia relativa de cada una de las monedas en la competitividad del país.

La ecuación (1) presenta esta relación:

$$ITCR = \frac{P^* S}{P S^*}$$

(1)

Donde:

P*: Índice de precios externos.

P: Índice de precios internos.

S: Índice de la tasa de cambio interna respecto al dólar.

S: Índice de la tasa de cambio externa respecto al dólar”:

(Banco de la Republica de Colombia, 2025)

Riesgo cambiario: “El principal riesgo que enfrentan las empresas de comercio exterior en el país es el riesgo cambiario, que se define como la potencial pérdida económica como consecuencia de las fluctuaciones en la tasa de cambio” (Pulencio, s.f.).

Capítulo I

Caracterización del cultivo de arroz en Colombia y su relación con la Tasa de Cambio Real periodo 2019-2023

El presente capítulo efectúa un análisis descriptivo y analítico sobre el comportamiento de las tasas de cambio reales del arroz durante el periodo 2019-2023, entendiendo la tasa de cambio real como “un precio relativo que compara el valor de una canasta de bienes en dos países diferentes, expresados en la misma moneda. Este dato se obtiene cuando se divide el precio de un grupo de bienes por el de ese mismo grupo en otro país. Esta medida refleja cual es el valor de la canasta en el extranjero (numerador) respecto al valor de la misma canasta en Colombia (denominador)”. Así como las fluctuaciones del tipo de cambio real de la moneda local frente al dólar estadounidense.

El mercado de las exportaciones experimentó un impacto significativo tanto en Colombia como a nivel mundial, como consecuencia de la emergencia sanitaria declarada oficialmente el treinta (30) de enero del año dos mil veinte (2020), esto generó que los países optaran por crear y aplicar nuevas medidas para controlar las exportaciones e importaciones de bienes.

Esto influyó en el comportamiento de la tasa de cambio real (TCR), puesto que las transformaciones económicas ocasionadas por la emergencia sanitaria alteraron las dinámicas habituales del mercado, que más adelante sabremos si fue de forma positiva o negativa en la rentabilidad de los cultivos de arroz en Colombia desde el año dos mil diecinueve (2019) hasta el año dos mil veintitrés (2023) al ser evaluado mes a mes y estimando la evolución de la tasa de cambio real del arroz a través de los años.

Como objeto de investigación se seleccionó el cultivo de arroz, dado su significativo impacto en el mercado agrícola colombiano y su notable atractivo en el ámbito internacional. Además, de ser un alimento fundamental en la dieta de los colombianos, su producción juega un papel clave en la seguridad alimentaria del país, en el año dos mil veintitrés (2023) según el Quinto Censo Arrocero publicado por el Dane, se sembraron 589.000 hectáreas y la producción fue 3'188.267 toneladas (FEDEARROZ, 2024). Es importante resaltar, que al año dos mil veintidós (2022) la industria arrocera tenía una participación del 2.3% en el valor agregado de la industria total de alimentos y bebidas en el país. (FEDESARROLLO, 2022).

El sector arrocero en Colombia es uno de los sectores agrícolas más significativos del país, con una gran relevancia tanto en términos económicos como sociales. Por lo que, Colombia se destaca como uno de los mayores productores de arroz en América Latina, con la producción concentrada en departamentos como Tolima, Meta, Casanare, Huila, Norte de Santander y Valle del Cauca. El arroz es un elemento básico en la dieta cotidiana de los colombianos, lo que convierte al mercado interno en el principal destino de la producción nacional. Además, el sector

arrocero es una fuente crucial de empleo en las áreas rurales, generando tanto trabajos rurales y urbanos.

Política comercial y cambiaria

En Colombia, el cultivo de arroz es una de las principales actividades agrícolas, con fuerte presencia en regiones como los Llanos Orientales, Tolima y Huila. Este sector enfrenta condiciones estructurales complejas, como alta dependencia de insumos importados, variaciones climáticas y fluctuaciones en los precios internacionales. La política cambiaria del país, que ha operado bajo un régimen de flotación cambiaria administrada desde finales de los años 90, lo que influye directamente sobre los costos de producción y la competitividad del arroz colombiano, en este sentido una mayor depreciación en la tasa de cambio real aumenta los costos de producción y por ende afecta la rentabilidad del cultivo como ha sucedido en la mayor parte del periodo analizado.

Por su parte, la política comercial ha promovido acuerdos de libre comercio que, si bien abren oportunidades de exportación, también exponen a los productores locales a una mayor competencia externa. Así, la rentabilidad del cultivo de arroz está estrechamente vinculada al comportamiento de la tasa de cambio real (TCR), pues esta afecta tanto el precio de los insumos como la posibilidad de competir en mercados internacionales. Como está relacionada la política cambiaria y comercial del país con el arroz, y su incidencia en el cultivo de arroz. Es de aclarar que a partir del año 2011 entra en vigor el acuerdo de Libre Comercio con Estados Unidos, mediante el cual uno de los productos considerados fue el arroz, que se planteó como un producto estratégico, pero con desgravación arancelaria gradual por 11 años, y para el caso de

importaciones hacia Colombia en la actualidad prácticamente entran sin costos arancelarios y menores precios afectando sensiblemente la rentabilidad de los productores nacionales.

El gobierno colombiano ha adoptado varias políticas para respaldar el sector arrocero, tales como subsidios, programas de financiamiento y la promoción de tecnologías para aumentar la productividad. No obstante, los tratados de libre comercio (TLC), como el de Estados Unidos, han sido motivo de controversia, puesto que permite la entrada de arroz importado, lo que preocupa a los productores locales.

Esto ha sido un tema de controversia entre los arroceros y el gobierno nacional, dado que el acuerdo de tratados de libre comercio (TLC) entre Colombia y Estados Unidos con la importación del arroz tiene como fecha de expiración el mes de enero de año dos mil treinta (2030), lo que causaría que posterior a esta fecha los aranceles que son el impuesto que Colombia le impone a Estados Unidos por ingresar mercancía arrocera al país llegaría a ser 0%, lo generaría que el sector arrocero se viera gravemente afectado al enfrentarse con mayores productores de arroz extranjeros con un mejor producto en el mercado, ocasionando un agravamiento al producto nacional y una caída en los ingresos de los arroceros Colombianos.

Variables del modelo econométrico que analiza la incidencia de la TCR en la rentabilidad del cultivo del arroz en Colombia

Las variables por analizar en este capítulo son: los precios, exportaciones, costos, rendimientos y el comercio exterior.

Entre el año dos mil diecinueve (2019) y el dos mil veintitrés (2023), los precios del arroz en Colombia fluctuaron significativamente, estuvieron influenciados por factores como la oferta, la demanda local, los costos de producción y las condiciones del mercado internacional. En dos mil diecinueve (2019), los precios se mantuvieron relativamente estables, con ligeros aumentos debido a la inflación y los costos de las materias primas. Sin embargo, en el año dos mil veinte (2020), durante la pandemia de Covid-19, los precios aumentaron por la inestabilidad del mercado, la interrupción de la cadena de suministro y el aumento de la demanda interna.

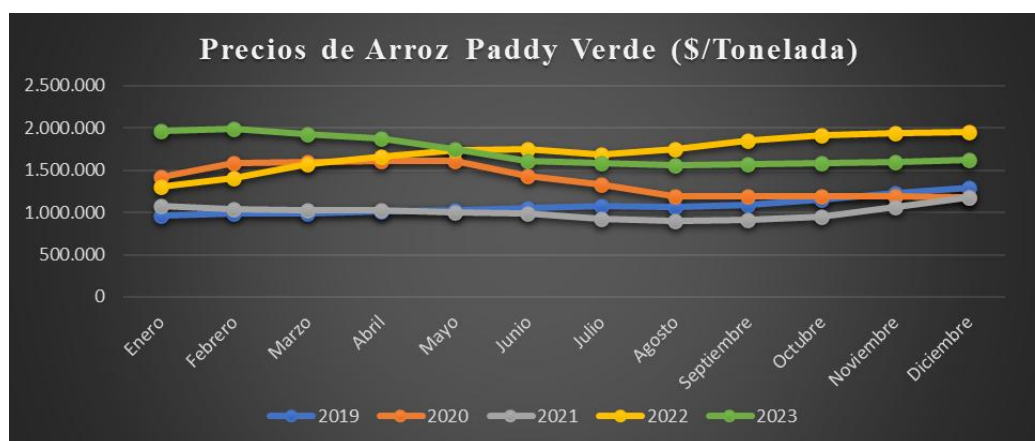
Como resultado, los precios del año dos mil veintiuno (2021) registraron una variación negativa, aunque permanecieron elevados en comparación con años anteriores, impulsados parcialmente por la recuperación económica, se prevé que los precios sigan incrementándose en año dos mil veintitrés (2023) respaldados por el aumento de los costos de los insumos agrícolas y la inflación global.

Tabla 2. *Total, de los precios de los cultivos de arroz paddy verde mensualizado, entre los años 2019-2023*

Precios de Arroz Paddy Verde (\$/Tonelada)					
MES	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	961.286	1.415.971	1.077.714	1.306.661	1.963.842
Febrero	985.000	1.585.857	1.035.857	1.402.714	1.985.000
Marzo	993.571	1.598.071	1.024.286	1.568.657	1.927.457
Abril	1.010.408	1.612.400	1.023.929	1.658.232	1.875.571
Mayo	1.024.171	1.607.643	997.250	1.740.714	1.747.854
Junio	1.049.071	1.427.143	982.086	1.748.357	1.613.186
Julio	1.072.286	1.330.514	929.429	1.684.357	1.581.214
Agosto	1.065.500	1.185.429	895.701	1.747.257	1.564.257
Septiembre	1.084.464	1.186.286	912.091	1.851.643	1.571.714
Octubre	1.152.243	1.193.107	947.982	1.913.694	1.584.679
Noviembre	1.223.786	1.192.571	1.066.929	1.934.314	1.596.714
Diciembre	1.298.071	1.175.371	1.183.257	1.948.714	1.620.500

Nota. En la tabla se evidencia el total de los precios de los cultivos de arroz paddy verde mensualizado, entre los años 2019-2023, las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Fedearroz. (s.f.). Recuperado de <https://www.fedearroz.com.co/es/>

Figura 1. *Comportamiento del precio del arroz paddy verde entre los años 2019-2023*



Nota. Este gráfico representa el comportamiento del precio del arroz paddy verde entre los años 2019-2023, Las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Fedearroz. (s.f.). Recuperado de <https://www.fedearroz.com.co/es/>

En cuanto a las exportaciones, el arroz colombiano se exporta en cantidades limitadas porque la mayor parte de la producción se destina al mercado interno, en el año dos mil diecinueve (2019) las exportaciones fueron débiles debido al enfoque en satisfacer la demanda local. A pesar de la pandemia, las exportaciones aumentaron ligeramente, pero fueron pequeñas en comparación con la producción total.

En el año dos mil veintiuno (2021) las exportaciones se mantienen al mismo nivel que en año dos mil veinte (2020), sin ningún aumento significativo. En cambio, en el año dos mil veintidós (2022) y dos mil veintitrés (2023), se observa una mejora en las exportaciones, centrándose en los mercados vecinos, aunque la cuota de mercado en relación con la producción nacional sigue siendo pequeña.

Los costos de producción de arroz en Colombia aumentaron en los años dos mil diecinueve (2019) a dos mil veintitrés (2023), debido a los precios de las materias primas y la inflación. En el año dos mil diez y nueve (2019) los costos de mantenimiento se mantuvieron relativamente estables, algunos costos aumentaron ligeramente. Sin embargo, los costos aumentaron en el año dos mil veinte (2020) debido a la emergencia sanitaria, afectando la disponibilidad de recursos y aumentando los costos de transporte.

Los costos seguirán aumentando en el año dos mil veintiuno (2021), impulsados por la inflación global y el aumento de los costos de fertilizantes, agroquímicos y mano de obra y para el año dos mil veintidós (2022), los costos de producción aumentarán significativamente, especialmente debido al aumento de los precios de los insumos agrícolas, lo que afectó las ganancias de los productores.

Tabla 3. *Total, de los costos por hectárea del cultivo de arroz paddy verde entre los años 2019-2023*

TOTAL COSTOS POR HECTÁREA DE ARROZ					
AÑO	2019	2020	2021	2022	2023
ASISTENCIA TÉCNICA	115.549	117.932	117.532	119.801	126.382
ARRIENDO	2.233.153	2.446.739	2.420.880	2.491.381	2.935.824
PREPARACIÓN Y SIEMBRA	2.151.551	2.409.527	2.263.142	2.541.487	2.797.978
RIEGO	1.133.873	1.181.205	1.187.341	1.194.253	1.261.084
FERTILIZACIÓN	2.492.846	2.606.624	3.626.545	6.114.078	4.481.546
PROTECCIÓN AL CULTIVO	2.208.260	2.323.656	2.390.602	2.794.684	2.929.416
RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE	1.328.966	1.374.373	1.422.070	1.455.843	1.545.188
OTROS	1.064.718	1.189.247	1.115.616	1.625.798	1.845.455
TOTAL	12.728.917	13.649.304	14.543.729	18.337.325	17.922.874

Nota. En la tabla se evidencia el total de los costos por hectárea de los cultivos de arroz paddy verde entre los años 2019-2023, las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Fedearroz. (s.f.). Recuperado de <https://www.fedearroz.com.co/es/>

Entre los diversos componentes que conforman el costo de producción del arroz en Colombia, la fertilización se ha mantenido como uno de los más significativos en términos monetarios por hectárea cultivada. Según datos del período 2019–2023, este rubro ha experimentado incrementos notables, alcanzando su punto más alto en 2022 con un costo

promedio de \$6.114.078 por hectárea, lo que representa un aumento de más del doble en comparación con 2019. Este comportamiento se explica en gran medida por la dependencia de fertilizantes importados, provenientes principalmente de países como Rusia, China, Estados Unidos y Canadá. La alta exposición del sector a las variaciones del tipo de cambio, así como a las disrupciones en los mercados internacionales de insumos, ha generado un encarecimiento progresivo de estos productos, lo cual eleva sustancialmente el costo total por hectárea. Este impacto reduce la rentabilidad del cultivo, especialmente en años donde los precios del arroz no logran compensar el alza en los costos de producción.

Figura 2. *Costo por hectárea del arroz paddy verde entre los años 2019-2023*



Nota. El gráfico representa el comportamiento de los costos por hectárea de los cultivos de arroz paddy verde entre los años 2019-2023, Las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Fedearroz. (s.f.). Recuperado de <https://www.fedearroz.com.co/es/>

Los rendimientos de arroz en Colombia mostraron una tendencia estable, con ligeras mejoras a lo largo del período analizado, en el año dos mil diecinueve (2019), la producción se

mantuvo constante, con variaciones regionales influenciadas por condiciones climáticas y el nivel de tecnología agrícola implementada.

En el año dos mil veinte (2020), algunos impactos negativos fueron mitigados a pesar de las dificultades logísticas provocadas por la pandemia, para dos mil veintiuno (2021), los rendimientos experimentaron un aumento gracias a la adopción de prácticas agrícolas y el uso de tecnología avanzada. Posteriormente, en dos mil veintidós (2022) y dos mil veintitrés (2023), los rendimientos mejoraron levemente gracias a la implementación de variedades mejoradas y técnicas agrícolas más eficientes, aunque el cambio climático afectó negativamente ciertas zonas.

Tabla 4. *Rendimiento por hectárea del cultivo de arroz paddy verde semestralmente entre los años 2019-2023*

RENDIMIENTO (TONELADAS/HECTÁREA) I y II SEMESTRE						
AÑO	BAJO CAUCA	CENTRO	COSTA NORTE	LLANOS	SANTANDERES	TOTAL NACIONAL
2019-I	4,2	7,2	5,8	5,7	5,7	6,1
2019-II	4,3	7,6	5,6	5,3	6	5,6
2020-I	4,8	7,5	6,3	5,7	5,3	6,2
2020-II	4,6	7,6	6,1	5,4	5,8	5,7
2021-I	4,5	7,2	5,9	5,5	5,8	6
2021-II	3,9	7,5	5,5	5,2	6	5,5
2022-I	4,5	7,3	6,1	5,3	5,8	6
2022-II	4,3	7,5	5,9	5,4	6,2	5,7
2023-I	4,4	7,4	6,4	5,6	5,6	6,4
2023-II	3,7	7,2	5,8	5,1	5,5	5,3

Nota. La tabla evidencia el comportamiento de los rendimientos de los cultivos de arroz paddy verde entre los semestres de los años 2019-2023, Las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Fedearroz. (s.f.). Recuperado de

<https://www.fedearroz.com.co/es/>

Figura 3. *Gráfico del rendimiento por hectárea del arroz paddy verde entre los años 2019-2023*



Nota. El gráfico pone en evidencia el comportamiento de los rendimientos de los cultivos de arroz paddy verde entre los años 2019-2023, Las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Fedearroz. (s.f.). Recuperado de <https://www.fedearroz.com.co/es/>

El comercio exterior del arroz, incluidas tanto las importaciones como las exportaciones, estuvieron dominadas por las importaciones durante este período. En dos mil diez y nueve (2019), las importaciones se mantuvieron estables, principalmente desde Ecuador y Perú gracias a precios competitivos, mientras que las exportaciones fueron mínimas.

Durante el año dos mil veinte (2020), las importaciones aumentaron para respaldar los suministros internos, mientras que las exportaciones se mantuvieron bajas. En el año dos mil veintiuno (2021), las importaciones fueron elevadas para satisfacer la demanda interna, lo que crearon tensión en la región debido a la competencia del arroz importado. Las importaciones de arroz aumentaron en el año dos mil veintitrés (2023) debido a los altos costos de producción

nacional y la competencia del arroz más barato de los países vecinos, lo que generó preocupación entre los productores nacionales.

Por otro lado, las variables macroeconómicas que incidieron en la producción de arroz son: tasa de inflación, tasa de cambio y la tasa de interés. En el periodo 2019 – 2023, la industria arrocera de Colombia se vio fuertemente afectada por la inflación y las fluctuaciones del tipo de cambio, los factores que afectaron los costos de producción, los precios del arroz y la competitividad del comercio exterior.

De forma similar, la inflación en Colombia tuvo un impacto significativo en la industria del arroz durante estos años, se mantuvo estable en el año dos mil diez y nueve (2019), pero los fabricantes comenzaron a sentir el peso del aumento de los precios de los insumos agrícolas.

La inestabilidad económica también provocó un aumento de los precios de muchos insumos agrícolas, en el año dos mil veintiuno (2021), la inflación en Colombia comenzó a tener una tendencia al alza, influenciada por factores tanto internos como externos.

Por ende, la recuperación económica a raíz de la pandemia ha impulsado la demanda de bienes y servicios, mientras que la oferta se vio limitada por los desafíos logísticos y el aumento de los costos de las materias primas a nivel mundial. Estos factores han aumentado los costos de producción para los productores de arroz, afectando las ganancias de la industria.

Pese a esto, en el año dos mil veintidós (2022) y el dos mil veintitrés (2023), la inflación alcanzó niveles elevados, lo que se reflejó en el aumento de los niveles generales de precios en la economía colombiana. Es importante hacer hincapié en que los productores de arroz enfrentaron un escenario desafiante con los aumentos significativos en los costos de insumos agrícolas, combustible y transporte, esta alta inflación también afecta a los consumidores y a los intermediarios en los precios del arroz, pues son ellos quienes deben ajustar sus ganancias para compensar los costos más altos.

Al mismo tiempo, el tipo de cambio del peso colombiano frente al dólar también fue el factor decisivo en el periodo 2019-2023, puesto que en el año dos mil diecinueve (2019), se experimentó una moderada devaluación del peso encareciendo la importación de insumos como la maquinaria, impactando los costos además de la producción en el sector arrocero.

En el año dos mil veinte (2020), se aumentó la volatilidad monetaria, la inestabilidad global y la caída de los precios del petróleo (un producto clave de la economía colombiana), esto provocó una depreciación significativa del peso frente al dólar, esta devaluación aumenta aún más el costo de los insumos importados, aumentando los costos de producción para los productores de arroz.

Para los exportadores, sin embargo, esta devaluación hace que el arroz colombiano sea más competitivo en los mercados internacionales, aunque las exportaciones siguen siendo limitadas ya que la industria se centra en el mercado interno.

De igual manera, los tipos de cambio continuaron fluctuando a lo largo del año dos mil veintiuno (2021), y el peso colombiano siguió perdiendo valor frente al dólar, esto continuó impactando negativamente los costos de producción, debido a que, muchas materias primas esenciales deben importarse y pagarse en dólares. No obstante, aunque la devaluación también podría beneficiar las exportaciones, las barreras estructurales y la baja competitividad del arroz colombiano en los mercados mundiales, limitan este beneficio potencial.

En el año dos mil veintidós (2022) y el dos mil veintitrés (2023), el peso colombiano alcanzó un mínimo histórico frente al dólar, la continua depreciación del peso aumentó significativamente el costo de los insumos importados, empeorando la situación para los productores de arroz. Esta situación, combinada con una alta inflación, ha creado un entorno de altos costos que está afectando la rentabilidad de la industria.

Por otro lado, la devaluación genera precios más altos para el arroz importado, del que el país todavía depende, mientras que la oferta interna también ejerce presión sobre los precios internos del arroz.

A continuación, se presentará una tabla y una gráfica en la que se evidencia el comportamiento de la tasa de cambio real del arroz paddy verde en los años estudiados, esta escala expresa un coeficiente inferior o superior a uno, donde si el valor es menor a uno el color ira desde amarillo, naranja y rojo, de este modo, dará a entender que en ese periodo estudiado existe una apreciación real, mientras que si el coeficiente es superior a uno se observará el cuadro de colores verde y dictara que hay una depreciación real en ese periodo evaluado.

Tabla 5. *Comportamiento de la Tasa de Cambio Real del arroz paddy verde entre los años 2019-2023*

TCR(Tasa de Cambio Real)					
Mes	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	0,92	0,76	1,06	1,08	1,06
Febrero	0,87	0,73	1,13	1,03	0,89
Marzo	0,89	0,83	1,13	0,94	1,05
Abril	0,85	0,94	1,15	0,88	1,07
Mayo	0,91	1,02	1,22	0,91	1,12
Junio	0,90	1,10	1,20	0,90	1,18
Julio	0,89	1,17	1,34	1,09	1,07
Agosto	0,93	0,99	1,48	1,05	1,09
Septiembre	0,93	1,01	1,44	1,03	1,06
Octubre	0,88	1,03	1,39	1,06	1,04
Noviembre	0,83	0,99	1,27	1,13	1,04
Diciembre	0,81	0,94	1,17	1,11	1,01

Nota. La tabla da a conocer el comportamiento Tasa de Cambio Real del arroz paddy verde entre los años 2019-2023, las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Fedearroz. (s.f.). Recuperado de <https://www.fedearroz.com.co/es/>

Capítulo II

Los riesgos cambiarios y la rentabilidad del cultivo de arroz

En el mundo financiero existen diversos riesgos financieros, estos se dividen en cinco campos, los cuales son: riesgos de mercado, credito, liquidez, operativos y legales. Dentro de los riesgos de mercado se encuentra el nicho del mercado cambiario y este es donde aparece el riesgos cambiario.

El riesgo cambiario se puede fragmentar en tres ramas, el riesgo de transaccion, de conversion y el economico. En primer lugar (riesgos de transaccion) nace de los efectos que las fluctuaciones inesperadas en el tipo de cambio en los pagos o cobros en moneda extranjera que son realizados en una fecha posterior, en segundo lugar (el riesgo de conversion) se relaciona con la disminucion en las ganancias o perdidas que se generan en los estados financieros consolidados y en el balance de activos y/o pasivos de las empresas que tiene relacion con monedas extranjeras, en tercer y ultimo lugar (el riesgo economico) se considera como el efecto que las variaciones en el tipo de cambio pueden tener sobre los flujos de efectivo o tesoreria futuros, bien sea en moneda local o extranjera.

Para este caso el riesgo cambiario se deriva de la volatilidad que presenta la tasa representativa del mercado (TRM) entre el dólar estadounidense (USD) y el peso Colombiano (COP), esta fluctuación en la TRM genera incertidumbre en las transacciones y obligaciones financieras, debido a la posible variación en el valor de la moneda, lo cual puede afectar tanto

ingresos como costos cuando se realizan operaciones internacionales o se mantiene exposición a moneda extranjera.

Es por esto que a continuación se presenta en la tabla 6, el comportamiento de la volatilidad de la tasa representativa del mercado (TRM) en los dos semestres que tiene un año y durante el periodo (2019) hasta el año (2023) donde se muestra la variación cambiaria para cada uno de los semestres agrícolas del año, donde las mayores variaciones se presentaron en los años 2014 y 2015.

Tabla 6. volatilidad semestral de la tasa representativa del mercado entre los años 2010-2023

Volatilidad Semestral TRM			
Año	Semestre 1	Semestre 2	Variación %
2010	1925,90	1925,86	-0,002%
2011	1782,54	1934,08	7,835%
2012	1792,63	1793,94	0,073%
2013	1909,50	1934,08	1,271%
2014	1888,10	2344,23	19,458%
2015	2554,94	3244,51	21,253%
2016	2991,68	3009,53	0,593%
2017	2958,36	2991,42	1,105%
2018	2893,22	3212,48	9,938%
2019	3256,02	3383,00	3,753%
2020	3693,00	3468,50	-6,473%
2021	3693,00	3967,77	6,925%
2022	4000,72	3922,50	-1,994%
2023	4213,53	3954,14	-6,560%

Nota. La tabla evidencia el comportamiento de la volatilidad semestral de la tasa representativa del mercado (TRM) entre los años 2010-2023, las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Banco de la República. (s.f.). Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>

Al realizar el ejercicio de calcular la variación porcentual del comportamiento semestral de la volatilidad de la Tasa Representativa del Mercado (TRM) entre los años dos mil diez (2010) y dos mil veintitrés (2023), se obtuvo que, en la mayoría de los escenarios la variación fue positiva. Esto indica que, a lo largo de estos años, los niveles de volatilidad de la TRM han tendido a aumentar de manera generalizada en los distintos periodos semestrales, lo que sugiere una mayor inestabilidad en los tipos de cambio durante el período analizado.

Los resultados muestran que las fluctuaciones de la TRM fueron particularmente evidentes en ciertos años, impulsadas por diversos factores económicos tanto a nivel nacional como internacional, aunque hubo excepciones donde la variación fue negativa, la tendencia dominante fue de incremento en la volatilidad, lo que refleja un entorno económico marcado por la incertidumbre cambiaria.

Tabla 7. *Variables que se encuentran en la base de datos modelo econométrico semestral entre los años 2010-2023*

Tabla de variables	
Variables Independientes	Precio
	Rendimiento
	TCR
	Variación % TCN (Riesgo cambiario)
	Tasa de Interes
	Exportaciones netas
Variable Dependiente	Rentabilidad

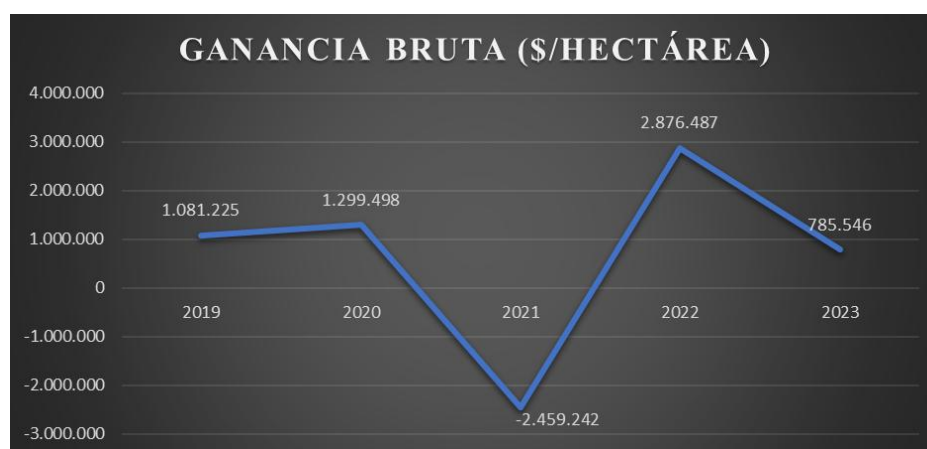
Nota. La tabla evidencia las variables que se utilizaron en el modelo econométrico entre los años 2010-2023.

En la tabla anteriormente presentada, se dan a conocer las variables que serán incluidas en el modelo econométrico, en este análisis, el precio, el rendimiento, la TCR (Tipo de Cambio Real), la variación porcentual de la TCN (Tipo de Cambio Nominal), la tasa de interés, las exportaciones e importaciones serán consideradas como variables independientes, mientras que la rentabilidad será la variable dependiente. Este enfoque permitirá analizar el impacto de las variables explicativas en el comportamiento de la rentabilidad.

Evolución y calculo de la rentabilidad

Para determinar la rentabilidad de los cultivos de arroz, primero se calculó la ganancia bruta por hectárea, obtenida al restar de los ingresos por hectárea los costos por hectárea. Posteriormente, la rentabilidad se estimó dividiendo dicha ganancia bruta por hectárea entre los costos por hectárea, lo que permite expresar el resultado como una proporción que refleja el beneficio obtenido en relación con la inversión realizada.

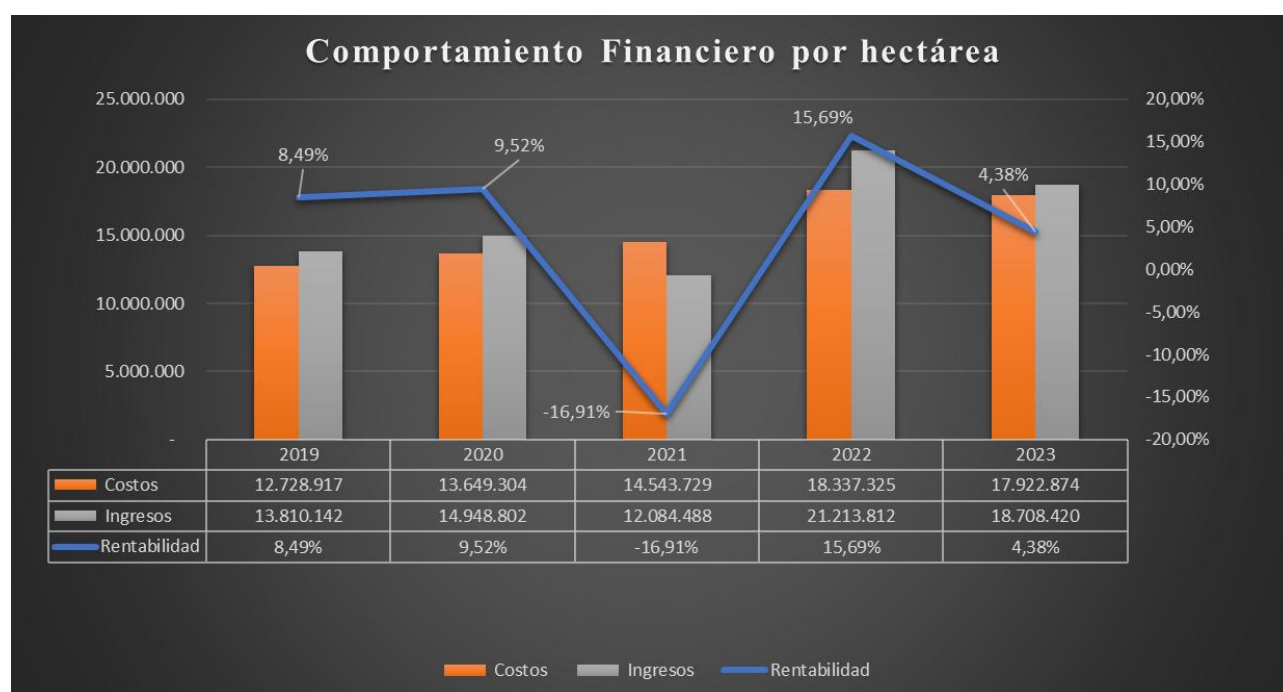
Figura 5. *Comportamiento de la Ganancia Bruta por hectárea entre los años 2019-2023*



Nota. El gráfico representa el comportamiento de la Ganancia Bruta por hectárea entre los años 2019-2023, Las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Fedearroz. (s.f.).

Recuperado de <https://www.fedearroz.com.co/es/>

Figura 6. *Comportamiento Financiero por hectárea entre los años 2019-2023*



Nota. El gráfico representa el Comportamiento Financiero por hectárea entre los años 2019-2023, Las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Fedearroz. (s.f.).

Recuperado de <https://www.fedearroz.com.co/es/>

Con base en la gráfica presentada, el comportamiento financiero por hectárea de los cultivos de arroz muestra variaciones significativas entre 2019 y 2023. Durante 2019 y 2020, tanto los ingresos como la rentabilidad presentaron incrementos moderados, alcanzando esta última un 9,52% en 2020. Sin embargo, en 2021 se evidenció una disminución notable de los

ingresos frente a los costos, lo que generó una rentabilidad negativa de -16,91%. En 2022 se registró la mejor relación entre ingresos y costos del periodo, con un aumento sustancial de los ingresos y una rentabilidad de 15,69%. Finalmente, en 2023, aunque los ingresos superaron nuevamente a los costos, la rentabilidad disminuyó a 4,38%, reflejando un menor margen de beneficio respecto al año anterior.

Es esencial que las variables independientes seleccionadas capten todos los factores clave que influyen en la rentabilidad de los cultivos de arroz, el modelo debe reflejar de manera exhaustiva cómo estos factores afectan el desempeño económico del cultivo, garantizando que no queden aspectos externos sin considerar en el análisis. De esta manera, se espera que las variables independientes expliquen el 100% de la variabilidad en la rentabilidad, asegurando que cada factor relevante esté adecuadamente representado en el modelo.

En efecto, para la construcción de la base de datos y el desarrollo del modelo econométrico, se utilizaron diversas fuentes confiables y reconocidas que brindan información precisa y relevante para el análisis. Uno de los aportes principales proviene de Fedearroz, una entidad de gran prestigio en el sector agrícola. Los datos de esta fuente son cruciales para capturar la dinámica de producción, precios y variables relacionadas con el cultivo de arroz en el contexto nacional. En total, se recopilieron 26 observaciones semestrales correspondientes al periodo comprendido entre 2010 y 2023, lo que permitió construir una serie representativa y adecuada para el análisis econométrico propuesto.

Así mismo, el Banco de la República fue otra fuente importante en este proceso, esta institución, al ser el banco central, proporciona información económica de alta calidad, especialmente en lo que respecta a indicadores macroeconómicos como la inflación, la tasa de interés y el crecimiento económico, que tienen una influencia significativa en la economía general y, en este caso, en el sector arrocero.

Además de estas fuentes institucionales, se realizó un trabajo autónomo exhaustivo para la recolección y procesamiento de datos adicionales, incluyendo la búsqueda de información complementaria, la recolección de datos históricos, y el análisis de tendencias que no siempre están disponibles en las bases de datos convencionales. La combinación de estos tres enfoques permitió construir una base de datos robusta y confiable, indispensable para el desarrollo del modelo econométrico propuesto.

Tabla 8. *Base de datos modelo econométrico semestral entre los años 2010-2023*

Año-Semestre	Precio	Rendimiento	TCR	Variación % TCN (Riesgo cambiario)	Tasa de Interés	Rentabilidad	Exportaciones	Exportaciones	Importaciones	Importaciones	expo netas
2010-1	N/D	N/D	N/D	N/D	0,045	- 0,132	50.183,732	N/D	58.011,027	N/D	N/D
2010-2	0,046	0,1154	- 0,004	0,078	0,045	- 0,013	51.019,268	0,017	62.122,973	0,071	- 0,054
2011-1	0,123	-	- 0,207	0,151	0,051	- 0,078	56.236,362	0,102	69.865,699	0,125	- 0,022
2011-2	-0,048	- 0,1897	0,255	0,180	0,061	- 0,168	57.371,638	0,020	74.570,301	0,067	- 0,047
2012-1	0,080	0,1489	- 0,146	0,016	0,065	0,003	59.151,626	0,031	77.820,288	0,044	- 0,013
2012-2	0,194	- 0,0185	0,187	0,042	0,062	0,165	59.538,374	0,007	80.156,712	0,030	- 0,023
2013-1	-0,200	0,0189	0,217	0,122	0,049	- 0,054	60.937,214	0,023	84.388,722	0,053	- 0,029
2013-2	0,016	- 0,0926	0,061	0,000	0,051	- 0,113	63.303,786	0,039	87.054,278	0,032	0,007
2014-1	-0,039	0,1224	- 0,073	0,024	0,049	- 0,086	61.777,062	- 0,024	90.832,796	0,043	- 0,068
2014-2	0,048	- 0,0182	- 0,036	0,009	0,053	- 0,028	62.104,938	0,005	93.914,204	0,034	- 0,029
2015-1	0,304	0,0926	- 0,329	0,251	0,054	0,292	63.984,634	0,030	89.880,305	- 0,043	0,073
2015-2	-0,085	- 0,1017	0,455	0,381	0,062	0,056	63.613,443	- 0,006	92.869,695	0,033	- 0,039
2016-1	0,256	0,1132	0,078	- 0,062	0,079	0,430	62.202,385	- 0,022	87.860,009	- 0,054	0,032
2016-2	-0,211	- 0,0508	- 0,127	0,179	0,079	0,034	63.470,615	0,020	88.418,991	0,006	0,014
2017-1	-0,030	-	0,182	0,064	0,070	- 0,011	64.312,736	0,013	90.183,099	0,020	- 0,007
2017-2	-0,128	- 0,0893	0,331	0,168	0,063	- 0,219	64.589,264	0,004	87.891,901	- 0,025	0,030
2018-1	-0,045	0,1176	- 0,106	0,018	0,056	- 0,189	63.713,050	- 0,014	91.560,937	0,042	- 0,055
2018-2	0,070	-	0,045	0,039	0,055	- 0,122	66.016,950	0,036	96.852,063	0,058	- 0,022
2019-1	0,026	0,0702	- 0,120	0,025	0,055	- 0,075	68.203,990	0,033	100.890,699	0,042	- 0,009
2019-2	0,115	- 0,0820	- 0,099	0,104	0,055	- 0,061	65.527,010	- 0,039	101.359,301	0,005	- 0,044
2020-1	0,321	0,1071	0,361	0,332	0,048	0,263	54.793,246	- 0,164	81.308,467	- 0,198	0,034
2020-2	-0,060	- 0,0806	- 0,141	0,414	0,029	0,132	48.636,754	- 0,112	80.692,533	- 0,008	- 0,105
2021-1	-0,190	0,0526	0,274	0,061	0,029	- 0,065	55.455,818	0,140	94.955,251	0,177	- 0,037
2021-2	-0,138	- 0,0833	- 0,030	0,144	0,041	- 0,330	64.406,182	0,161	110.305,749	0,162	- 0,000
2022-1	0,406	0,0909	- 0,217	0,135	0,087	- 0,130	68.478,600	0,063	124.917,298	0,132	- 0,069
2022-2	0,289	- 0,0500	- 0,059	0,046	0,144	- 0,029	69.171,273	0,010	127.495,923	0,021	- 0,011
2023-1	0,166	0,1228	0,379	0,124	0,140	0,347	70.229,553	0,015	111.146,590	- 0,128	0,144
2023-2	-0,195	- 0,1719	- 0,066	0,066	0,136	- 0,025	-	-	-	-	-

Nota. La tabla demuestra el comportamiento de las variables de forma semestral que se utilizaron en el modelo econométrico entre los años 2010-2023, las cifras para recrear el comportamiento fueron tomadas de Banco de la Republica. (s.f.). Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm> , Fedearroz. (s.f.). Recuperado de <https://www.fedearroz.com.co/es/> y Banco de la Republica. (s.f.). Recuperado de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/dtf>

En el modelo econométrico planteado, se espera que las variables definidas como independientes expliquen de manera completa la rentabilidad de los cultivos de arroz, que es la variable dependiente. Estas variables han sido seleccionadas por su relevancia y su relación directa con los factores que influyen en la rentabilidad, el precio, el rendimiento, la TCR (Tipo de Cambio Real), la variación porcentual de la TCN (Tipo de Cambio Nominal) y la tasa de interés, así como las exportaciones e importaciones. El objetivo es que cada una de ellas contribuya significativamente a predecir con precisión los resultados económicos del cultivo de arroz.

En el desarrollo del modelo econométrico, la rentabilidad se definió como la variable independiente y se calculó a partir de la ganancia bruta por hectárea, obtenida al restar los costos a los ingresos por hectárea, dividida posteriormente entre los costos por hectárea. Bajo esta metodología, los costos forman parte esencial tanto del numerador como del denominador en la estimación de la rentabilidad, lo que implica que variaciones en estos pueden modificar de manera directa y significativa el resultado del modelo, incluso en escenarios donde los ingresos permanecen estables.

Modelo Econometrico realizado en Stata 15

Regresión Lineal

Figura 7. Regresión lineal del modelo econométrico

. regress rentabilidad precio rendimiento tor variacintcnriesgocambiario tasadeinteres exponetas									
Source	SS	df	MS	Number of obs	=	27			
				F(6, 20)	=	9.63			
Model	.598898366	6	.099816394	Prob > F	=	0.0000			
Residual	.207277505	20	.010363875	R-squared	=	0.7429			
				Adj R-squared	=	0.6658			
Total	.806175871	26	.031006764	Root MSE	=	.1018			

rentabilidad	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
precio	.6000254	.1445376	4.15	0.000	.2985253	.9015255
rendimiento	.3014043	.2457282	1.23	0.234	-.2111757	.8139843
tor	.68646	.1607257	4.27	0.000	.3511921	1.021728
variacintcnriesgocambiario	-.9090668	.1892611	-4.80	0.000	-1.303858	-.5142751
tasadeinteres	.5327332	.8080647	0.66	0.517	-1.15286	2.218327
exponetas	.5859896	.5264316	1.11	0.279	-.5121274	1.684107
_cons	-.0477876	.0600568	-0.80	0.436	-.173064	.0774888

Nota. La imagen evidencia el comportamiento de las variables del modelo econométrico entre los años 2010-2023 al realizarse una regresión lineal, el modelo fue realizado en Stata 15.

La regresión lineal es una técnica estadística utilizada para entender la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes, en este caso, el coeficiente de determinación, (R^2), fue de 0.74. Esto indica que el 74% de la variabilidad en la variable dependiente puede ser explicada por las variables independientes del modelo, lo que sugiere una buena capacidad predictiva, por ende, se puede decir que la variación del precio, la variación de los rendimientos, la variación de la tasa de cambio real, la tasa de interés y la variación de la tasa nominal explican en un 74% el comportamiento de la rentabilidad de los cultivos de arroz en Colombia.

Prueba Dickey-Fuller

Figura 8. *Prueba Dickey – Fuller en el modelo econométrico*

```
. dfuller rentabilidad
```

Dickey-Fuller test for unit root		Number of obs		=	14
		Interpolated Dickey-Fuller			
Test	1% Critical	5% Critical	10% Critical		
Statistic	Value	Value	Value		
Z (t)	-4.152	-3.750	-3.000		-2.630

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0008

Nota. La imagen evidencia el comportamiento de las variables del modelo econométrico entre los años 2010-2023 al realizarse la prueba Dickey – Fuller, el modelo fue realizado en Stata 15.

La prueba de Dickey-Fuller es una prueba estadística utilizada para determinar si una serie temporal es estacionaria o tiene una raíz unitaria, lo que implica que la serie tiene una tendencia a largo plazo. En este caso, el valor de ($z(t)$) es 0.0008. Este valor es el p-valor asociado con la prueba, y un p-valor tan bajo indica que se puede rechazar la hipótesis nula de que la serie tiene una raíz unitaria. En otras palabras, la serie es estacionaria.

Prueba Breusch-Pagan

Figura 8. *Prueba Breusch – Pagan del modelo econométrico*

```
. estat hettest

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: fitted values of rentabilidad

      chi2(1)      =      0.60
      Prob > chi2   =      0.4391
```

Nota. La imagen evidencia el comportamiento de las variables del modelo econométrico entre los años 2010-2023 al realizarse la prueba Breusch - Pagan, el modelo fue realizado en Stata 15.

La prueba de Breusch-Pagan es un método estadístico que se utiliza para identificar la presencia de heterocedasticidad en un modelo de regresión, es decir, para verificar si la variabilidad de los errores es constante a lo largo de las observaciones. En este caso, el valor de $(\text{Prob} > \chi^2)$ es 0.4391. Este p-valor elevado sugiere que no se puede rechazar la hipótesis nula de homocedasticidad, lo que significa que no hay heterocedasticidad en el modelo.

Prueba de regresión Prais-Winsten

Figura 10. *Prueba de regresión Prais - Winsten del modelo econométrico*

Prais-Winsten AR(1) regression -- iterated estimates

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	27
Model	.50044787	6	.083407978	F(6, 20)	=	20.97
Residual	.079537371	20	.003976869	Prob > F	=	0.0000
				R-squared	=	0.8629
				Adj R-squared	=	0.8217
Total	.579985241	26	.022307125	Root MSE	=	.06306

rentabilidad	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
precio	.6354492	.106372	5.97	0.000	.4135612	.8573373
rendimiento	.479753	.1365618	3.51	0.002	.1948901	.7646159
tc	.5464187	.0914449	5.98	0.000	.3556681	.7371693
variacionriesgocambiario	-.6614387	.1071743	-6.17	0.000	-.8850004	-.437877
tasadeinteres	2.484776	1.0266	2.42	0.025	.3433257	4.626226
exponetas	-.5397746	.3983501	-1.36	0.191	-1.370718	.2911691
_cons	-.1947089	.0820579	-2.37	0.028	-.3658787	-.0235391

Durbin-Watson statistic (original)	0.654904
Durbin-Watson statistic (transformed)	1.306061

Nota. La imagen refleja el comportamiento de las variables del modelo econométrico entre los años 2010-2023 al realizarse la prueba de regresión Prais – Winsten y posterior la prueba Durbin - Watson, el modelo fue realizado en Stata 15.

Prueba Durbin-Watson

Esta prueba se utiliza para detectar la autocorrelación en los residuos de un modelo de regresión, un valor del estadístico de 1.306 indica una fuerte autocorrelación positiva, lo que indica que los errores consecutivos están altamente correlacionados y que el modelo capturó adecuadamente la estructura de los datos.

El modelo econométrico realizado dio como resultados en los t estadísticos que las variables independientes son estadísticamente significativas, ya el $P > |t|$ de las variables tiende a cero y la variable que es menos explicativa son las exportaciones netas, debido a que somos un país más importador de arroz y se está afectando la producción de este y la balanza comercial arrocera se encuentra en déficit y por lo tanto las exportaciones netas son negativas lo que conlleva a afectos negativos en la rentabilidad de los productores.

El R cuadrado ajustado dio 82, lo que significa que las variables independientes o explicativas, explican en un 82,17% el comportamiento de la rentabilidad de los cultivos de arroz en Colombia, las variables que más aportan al modelo son el precio, el rendimiento, la tasa de cambio real y el riesgo que aunque sea negativo es lógico puesto a que a medida de que el riesgo aumenta, la rentabilidad disminuye.

La columna "Coef." en el modelo de regresión indica el impacto estimado que cada variable independiente tiene sobre la variable dependiente, en este caso, la rentabilidad, manteniendo las demás variables constantes. Para el precio (coef. 0.6354), un incremento de una unidad aumenta la rentabilidad en 0.635. En el rendimiento (coef. 0.4797), un mayor rendimiento eleva la rentabilidad en 0.480. En cuanto a la TCR (coef. 0.5464), un incremento resulta en un aumento de la rentabilidad en 0.546.

Sin embargo, la variación en el riesgo cambiario (coef. -0.6614) tiene un efecto negativo, reduciendo la rentabilidad en 0.661 por cada unidad adicional. La tasa de interés (coef. 2.4848) muestra un efecto positivo significativo, incrementando la rentabilidad en 2.485 por cada unidad

adicional. Por otro lado, las exportaciones netas (coef. -0.5398) tiene un impacto negativo no significativo, lo que sugiere que su influencia no es estadísticamente fiable. Finalmente, la constante (coef. -0.1947) refleja el valor base de la rentabilidad cuando todas las variables independientes son cero.

Es por esto por lo que el modelo econométrico desarrollado logró comprender de manera integral los factores que inciden en la rentabilidad del cultivo de arroz. Considerando que las variables independientes relevantes (precio, rendimiento, TCR, variación porcentual de la TCN, tasa de interés, importaciones y exportaciones), se logró construir una herramienta analítica que facilita la predicción y evaluación de los resultados económicos del sector. Los resultados alcanzados permiten no solo validar la pertenencia de las variables seleccionadas, sino también profundizar en la comprensión de las dinámicas económicas que afectan el sector, proporcionando una base sólida para futuros estudios y acciones de mejora.

Capítulo III

Propuesta de emisión de bonos verdes y contratos forward como mecanismos de control del riesgo cambiario

El objetivo de este capítulo es proponer dos alternativas para mitigar los riesgos cambiarios para el cultivo del arroz: la emisión de un bono verde y la propuesta de un contrato forward para fomentar el uso de instrumentos financieros que impulsen el crecimiento del sector arrocero y ayude al agricultor a implementar medidas sostenibles que optimicen el proceso de producción del arroz.

Los bonos son instrumentos financieros que forman parte de la deuda donde el emisor recibe dinero del público en lugar de préstamos, estos bonos, emitidos por entidades públicas o privadas pueden utilizarse para diversos fines como sustituir deuda, ampliar la capacidad de producción, financiar nuevos proyectos o cubrir necesidades de capital. En el contexto colombiano, un bono debe tener varias características esenciales, a continuación, se encontrarán:

- Emisión: Los bonos son creados por compañías, gobiernos locales, municipios o entidades financieras con el fin de financiar sus actividades y proyectos.
- Vencimiento: Generalmente, tienen un período de vencimiento que oscila entre 3 y 20 años.

- Intereses: Los bonos ofrecen pagos de intereses periódicos, ya sea de forma semestral, trimestral o mensual.
- Tipo de Interés: Pueden tener una tasa de interés fija o variable.
- Valor Nominal: Es la cantidad inicial que debe ser reembolsada al llegar la fecha de vencimiento del bono.

El mercado de bonos en Colombia presenta una amplia gama de opciones para los inversionistas, cada una con características y beneficios únicos. A continuación, se ofrece una descripción general de los diferentes tipos de bonos disponibles: bonos Soberanos, bonos Corporativos; bonos Hipotecarios; bonos convertibles: y bonos verdes.

De acuerdo con el Código de Comercio de Colombia, los bonos son “títulos-valores que incorporan una parte alícuota de un crédito colectivo constituido a cargo de una sociedad o entidad sujetas a la inspección y vigilancia del gobierno” (Codigo de Comercio de Colombia, Sección 4, Artículo 752). Así como se define un bono verde como “un método de financiación de proyectos que tengan como fines exclusivos la mejora o mantenimiento del ambiente o la sociedad” (Fernández Hinojosa, 2018).

Como se emiten los bonos en Colombia

Los bonos en Colombia tienen un sistema de emisión muy simple, la entidad sea pública o privada se acerca a la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) la cual rige como entidad de regulación financiera en Colombia, el primer paso es pedir su autorización para la emisión de un bono a este ente de control, posteriormente es aprobado este tiene que ser registrado en el Registro Nacional de Valores y Emisores (RNVE), ya creado este bono y con la

aprobación de la Super Intendencia Financiera (SFC) y ya estando registrado el siguiente paso es diseñar sus características, como lo puede ser plazo de vencimiento, tasa de interés, cual es el fin del bono.

Luego este tiene que ser calificado con el fin de evaluar el riesgo que el bono puede significar. Existen varias entidades en Colombia que califican este tipo de instrumentos financieros como lo es el caso de Fitch, S&P, Moody's, etc, una vez es calificado el bono este tiene que ser registrado en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), donde posteriormente ingresará al mercado valores, en el cual las entidades financieras de Colombia públicas y privadas pueden interactuar con el comprándolo o vendiéndolo.

Regulación de los bonos verdes en Colombia

En materia normativa, los bonos verdes en Colombia están regulados por una circular y una ley, ambas directamente relacionadas con su emisión. A continuación, detallaran cada una de ellas. **Circular Externa 020 de 2022, y la Ley 1819 de 2016:** su marco legal también incluye temas relacionados con estos instrumentos financieros sostenibles, es fundamental para fomentar el desarrollo de proyectos sostenibles en Colombia a través de la emisión de bonos verdes.

Congreso de Colombia.

Propuesta de emisión de bonos verdes

Este esquema busca fomentar el desarrollo de proyectos que contribuyan a la mitigación del riesgo cambiario que presenta el sector agrícola en Colombia por medio de bonos verdes, ayudando directamente a los campesinos con la financiación de la siembra de sus cultivos y

mejora de estos. Generando así una transición hacia una economía más sostenible, utilizando los incentivos fiscales como un motor para el cambio ambiental.

Las características de la población que se beneficiará del bono verde serán los agricultores de arroz en Colombia, al investigar sobre los arroceros colombianos se encontró que desde el año dos mil dieciséis (2016) hasta el año dos mil veintitrés (2023) la población arrocera disminuyó un 20,6%, dejando así el numero en aproximadamente 1.300 agricultores a fecha 2023.

Esta disminución se dio debido a que, la mayoría de los productores de arroz en Colombia trabajan de manera independiente, aunque existen asociaciones y cooperativas, además de esto, los agricultores no cuentan con educación financiera y los productos financieros que existen en el mercado no llegan a ellos, la edad de estos oscila dentro de unos rangos, según (Colombia Potencia de vida, Fedearroz, Dane, 2024), estas edades están distribuidas de la siguiente forma:

Tabla 9. *Edades de los agricultores del sector arrocero en Colombia (2023)*

Edad	Porcentaje
Menores de 20 años	0,20%
De 20 a 29 años	3,70%
De 30 a 39 años	16,20%
De 40 a 49 años	22,40%
De 50 a 59 años	27,10%
De 60 ó mas años	30,40%
Porcentaje total	100%

Nota. La tabla refleja las edades de los arroceros en Colombia en el 2023, información extraída de https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/bol-5toCNA-2daEntrega-2023.pdf?utm_source.

Las zonas arroceras en Colombia están clasificadas en cinco, dentro de estas se encuentran departamentos, ciudades y pueblos en donde los cerca de 13.000 arroceros siembran su cultivo. Las zonas son las siguientes: Zona Bajo Cauca, Zona Centro, Zona Costa Norte, Zona Llanos y Zona Santanderes.

Los desafíos a los que se enfrentan los arroceros colombianos son demasiados, algunos de ellos según (Colombia Potencia de vida, Fedearroz, Dane, 2024) son los costos de producción elevados, acceso limitado a financiamiento, vulnerabilidad climática, envejecimiento de los productores, reducción en el número de productores, la competencia internacional y estos son tan solo algunos de las problemáticas que enfrentan los agricultores.

Es debido a esto que nace la necesidad de idear y crear un producto financiero enfocado hacia este sector con el fin de beneficiar y ayudar a los agricultores colombianos, a raíz de esto nace la propuesta del bono verde que tiene como finalidad impactar de forma positiva en el sector arrocero a través de una serie de beneficios que estos pueden obtener al interactuar con el bono, dentro de estos se encuentran los siguientes: Financiación de sus cultivos, mejoramiento de la calidad del arroz, optimización y modernización del sistema de riego, semillas mejoradas, mejor competencia internacional y local.

Estas mejoras tanto financieras como de infraestructura tienen como objetivo mejorar la operatividad de todo el ciclo de cosecha, esto ayudara a que el arroz colombiano sea más competitivo a nivel internacional y a nivel local, logrando que el arroz no se vea afectado al competir con el producto internacional.

Como propuesta de mitigación del riesgo que el sector agrícola Colombiano presenta, se plantea la emisión de bonos verdes a través de un esquema con una serie de pasos, esto con el fin de ayudar a los agricultores colombianos, quienes muchas veces no tienen el financiamiento adecuado y los ingresos financieros suficientes para cultivar sus tierras de la forma oportuna, esto se plantea desde un concepto de Win-Win puesto que el fin de estos bonos son financiar los cultivos de los agricultores Colombianos por las entidades financieras, a cambio de beneficios fiscales y/o tributarios para aquellas entidades financieras que se motiven y que inviertan en esta iniciativa en pro del medio ambiente y la población campesina de Colombia que es cerca del 30% de la población del país.

El bono verde va dirigido para las entidades del sector financiero que cotizan en bolsa y que estén dispuestos a apostar por el cambio en el medio ambiente y a los campesinos colombianos. Acá un listado de estas entidades del sector financiero: Fiduciarias, Bancos, Corporativas, BVC, BMC, Entidades del Estado, entre otras.

De manera que, las entidades que adquieran o emitan bonos verdes no obtendrán beneficios en términos de rentabilidad financiera directa, sino que serán incentivadas mediante

beneficios tributarios y/o fiscales. Sin embargo, el porcentaje de estos beneficios será distinto para quienes emitan los bonos y para quienes los adquieran.

De ahí que, las entidades que emitan bonos verdes recibirán un incentivo tributario mayor, en reconocimiento a su papel en la generación del financiamiento para proyectos sostenibles en pro del agricultor colombiano. Por otro lado, las entidades que adquieran estos bonos también contarán con beneficios, aunque en un porcentaje menor, con el objetivo de motivar la inversión en iniciativas ambientales.

Las características del bono verde son varias, lo primero para tener en cuenta es el monto de bonos que saldrán al mercado, estos mil (1.000) bonos verdes que estarán prestos para que puedan interactuar en el mercado de valores por medio de uno mecanismos de colocación, el 100% de estos bonos serán colocados a través de la colocación pública esto con el propósito de llegar a más público generando así que las entidades del sector financiero se vean interesados en el bono y así lograr captar grandes cifras de dinero.

Así mismo, tendrán una tasa efectiva anual muy atractiva en el mercado del 8,0% y su plazo de vencimiento es de un (1) año, este tendría cupón de forma semestral debido a que las cosechas de arroz son cada 6 a 8 meses aproximadamente y el valor de este cupón seria del 4,0% del precio del bono.

Además, están cargados de beneficios, pero estos no son por medio de la rentabilidad financiera, sino son en términos tributarios o fiscales y en la valoración en la calificación de un portafolios.

Lo primero es entender que para las entidades financieras que emitan y adquieran bonos verdes estas obtendrán un porcentaje que oscila entre el 3% y el 1,5, cuya finalidad es eximir y reducir su carga tributarias al final de la operación que los entes financieros ejecuten.

El otro beneficio que estas entidades optan a tener es el aumento en la calificación de los portafolios que contenga dentro de estos, con la finalidad de promover el desarrollo de proyectos que contribuyan a la mitigación de los riesgos cambiarios que presenta el sector agrícola en Colombia. Los bonos verdes generaran liquidez y capital de trabajo en el mercado

En el mercado Financiero de Colombia se han emitido bonos verdes por parte de Bancolombia en 2023, estos con el fin de financiar proyectos sostenibles encargados de la mitigación del cambio climático y el desarrollo de infraestructura ecológica. En cuanto a los TES verdes del 31 emitidos por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público en el año 2021, estos tuvieron como finalidad causar un impacto positivo, con las inversiones dirigidas al transporte sostenible, optimización en el uso de recursos hídricos y preservación de ecosistemas.

Al observar el mercado latinoamericano, europeo y estadounidense se identificaron las tasas de interés de los bonos verdes en estos mercados y se presentará la siguiente tabla. A partir de este análisis, se decidió seleccionar una tasa arbitraria con características similares:

Tabla 10. *Tasas de interés del mercado extranjero para bonos verdes.*

Región	Emisor	Plazo	Tasa de interés
España	Tesoro de España	1 año	4,48% Fija
Estados Unidos	Índice Bloomberg	1 año	3,86 %
	MSCI Green Bond (bonos diversos)		Rentabilidad promedio
México	CETES (Certificados de la Tesorería de la Federación)	1 año	11,33% Fija
Alemania	Bono Verde (vencimiento 2025)	1 año	2,66% Fija

Nota. La tabla refleja las tasas de interés para los bonos verdes que manejan los mercados extranjeros.

Para la propuesta de los bonos verdes, se decidió establecer una tasa de interés fija, dado que los inversionistas buscan estabilidad, mientras que los emisores prefieren condiciones predecibles para financiar proyectos sostenibles.

Liquidación bono verde ejemplo

Se realizará la liquidación de un bono de 10 millones de pesos con una tasa de interés del 8,0% efectivo anual y que paga cupón de forma semestral con tasa del 3,92% por periodo, la duración total del bono es de 1 año.

Valor Nominal (VN): \$ 10.000.000

Tasa de interés (Ti): 8,0% EA

Frecuencia pago de los cupones: Semestral

Cupones por periodo (Cp): 4,0% ES semestral sobre el valor nominal

Número total de periodos: 1 año * 2 = 2 periodos

Tasa por semestre (Ts):

$$(1 + Ti)^{\frac{1}{2}} - 1 = Ts$$

$$(1 + 0,08)^{\frac{1}{2}} - 1 = 0,0392 = 3,92\%$$

Valor del cupón por semestre (Vcs):

$$VN * Cp = Vcp$$

$$10.000.000 * 0,04 = 400.000$$

Con el cálculo de estas variables se puede simular la valoración del bono y saber cómo se comportaría en el mercado de valores colombiano, a continuación, se presentará el cálculo para el primer periodo y una tabla con el desglose de cada periodo.

Cálculo del valor presente cupón del periodo 1:

Valor cupón (Vc): \$400.000

Tasa efectiva semestral (Es): 3,92% ES

Número del periodo (t): 1

$$VP = \frac{Vc}{(1 + Es)^t}$$

$$VP1 = \frac{400.000}{(1,0392)^1} = 384.900,18$$

Tabla 11. *Valoración bono verde*

Periodo	Monto Cupón	Denominador	Valor Presente VP
1	400.000,00	1,0392	384.900,18
2	400.000,00	1,0800	370.370,37
Total	800.000,00	1,0800	740.740,74

Nota. En la tabla se evidencia la simulación de la valoración del bono verde, calculando el valor presente VP en sus 2 periodos.

El bono verde afecta indirectamente la tasa de cambio, ya que puede influir en la apreciación o depreciación de la moneda. Sin embargo, no es el instrumento más adecuado, ya que, si bien puede ayudar de manera indirecta, no es suficiente para cubrir los costos asociados a las actividades productivas o de exportación. De hecho, en una simulación realizada previamente se evidenció que sería necesario realizar una inversión considerable y que el bono apenas cubriría una parte de los costos. Por esta razón, se propone como una alternativa complementaria, más no como una solución integral a los problemas financieros del sector.

El contrato forward se presenta como la mejor opción para mitigar el riesgo cambiario, ya que permite fijar una tasa de cambio futura con anticipación, brindando certidumbre frente a la volatilidad del mercado. A diferencia de otros instrumentos como el bono verde que, aunque puede contribuir de manera indirecta, no cubre totalmente los costos el forward ofrece una cobertura directa y efectiva. Esto es especialmente importante en sectores como el agrícola, donde los márgenes de ganancia son ajustados y los costos de producción, elevados.

Uno de los principales factores que hacen atractivo el forward es la exposición a la tasa de cambio que enfrentan los productores en la importación de insumos agrícolas como los fertilizantes, cuyos precios están denominados en dólares. Una devaluación del peso colombiano puede encarecer significativamente estos insumos, afectando la rentabilidad del cultivo. Al fijar una tasa de cambio mediante un forward, el productor puede prever con antelación cuánto pagará por esos insumos importados, protegiéndose así de incrementos inesperados.

Actualmente, podría darse una condición particular favorable, ya que la tasa de cambio no se encuentra tan elevada ni tan depreciada. Esto representa una oportunidad para fijar un forward a una tasa de cambio relativamente baja, lo cual sería beneficioso para los importadores de insumos, ya que les permitiría sostener ese valor a lo largo del ciclo productivo y, con ello, reducir la incertidumbre y mejorar la planificación financiera.

En este caso, se propone estructurar un contrato forward con una duración de un año, lo cual es coherente con el ciclo productivo del arroz, que dura entre 6 y 8 meses. Este plazo permitiría cubrir todo el proceso, desde la siembra hasta la comercialización del producto. Además, se plantea que la tasa de cambio se fije al inicio del ciclo agrícola, lo que le permitiría al productor proyectar de manera más precisa sus ingresos y costos en moneda local, estabilizando así su flujo de caja y reduciendo su exposición a los riesgos derivados de la volatilidad cambiaria.

Propuesta de un contrato Forward

Un contrato forward cambiario es un acuerdo entre dos partes para comprar o vender una divisa en una fecha futura determinada a un tipo de cambio previamente pactado. No se negocia en mercados organizados, sino que se acuerda directamente con una entidad financiera, como un banco. Para los agricultores exportadores de arroz, este instrumento representa una oportunidad para asegurar la tasa de conversión futura de sus ingresos en dólares a pesos colombianos, eliminando así la incertidumbre asociada con las fluctuaciones del tipo de cambio. Por ejemplo:

Ejemplo1: Un agricultor mediano que exporta arroz y utiliza un contrato forward

Escenario sin cobertura cambiaria (sin forward):

- Un agricultor de mediana escala produce arroz para exportar una cantidad equivalente a **USD 10.000**.
- El acuerdo de venta al exterior se firma hoy, pero el pago se recibirá en **tres meses**.
- Hoy el **TRM (tasa de cambio representativa del mercado)** es de **\$4.000 por USD**.

El agricultor espera recibir:

$$\text{USD } 10.000 \times \$4.000 = \$40.000.000 \text{ COP}$$

Sin embargo, si dentro de tres meses el peso colombiano se aprecia y el dólar baja a \$3.600, entonces su ingreso real sería:

$$\text{USD } 10.000 \times \$3.600 = \$36.000.000 \text{ COP}$$

Pérdida por variación del dólar: \$4.000.000 COP (¡10% menos de ingreso solo por tipo de cambio!).

A continuación, se presentará una simulación del uso de un contrato forward como mecanismo de cobertura, el cual permite contrarrestar el efecto cambiario generado por la variación de la Tasa Representativa del Mercado (TRM) en el proceso de importación de fertilizantes destinados a los cultivos de arroz. Este ejercicio busca ilustrar cómo la utilización de este instrumento financiero contribuye a mitigar el riesgo cambiario y a proteger la rentabilidad del productor frente a la volatilidad del tipo de cambio.

Tabla 12. *Datos del Contrato Forward*

Precio Spot USD/COP	4000
Tasa Extrajera (Prime)	3,75%
Tasa Local (IBR)	4,37%
Tiempo total (n)	180
Base	360

Nota. En la tabla se evidencia los datos del contrato Forward utilizados para la simulación de este.

Formula Forward: $Fo/So = (1+rm) / (1+re)$

En donde se despeja Fo: $Fo = So * (1+(Rm*(n/Base)) / (1+(Re*(n/Base))))$

Fo: Forward

S: Precio Spot = 4.000 USD/COP

Rm: Tasa de Interés Local = IBR 8,74% EA = $(8,74\% / 2) = 4,37\%$ NS

Re: Tasa de Interés Extrajera = Prime 7,50% EA = $(7,50\% / 2) = 3,75\%$ NS

n: Número de días = 180

Base: 360

Tabla 13. *Simulación del Forward de Compra*

Simulación Forward de Compra				
Días	Factor Numerador	Factor Denominador	Forward de Compra	Pts Forward
180,00	1,02	1,02	4.012,17	12,17
150,00	1,02	1,02	4.010,17	10,17
120,00	1,01	1,01	4.008,16	8,16
90,00	1,01	1,01	4.006,14	6,14
60,00	1,01	1,01	4.004,11	4,11
30,00	1,00	1,00	4.002,06	2,06
-	1,00	1,00	4.000,00	-

Nota. En la tabla se evidencia la simulación del contrato Forward.

¿Qué sucede cuando se vence el Contrato Forward?

Con los resultados obtenidos del cálculo del forward se pueden plantear dos escenarios.

En el **Escenario 1**.

Escenario 1 (la TRM sube)	
Precio Spot USD/COP	4.300,00
Forward 180 Días	4.012,17
Diferencia con el Forward	287,83
Costos de los Fertilizantes USD	104,42
Gano porque el Forward me cubre	30.054,62

Cuando la TRM sube a 4.300 COP/USD, el agricultor se beneficia del contrato forward a 180 días pactado en 4.012,17 COP/USD, ya que la cobertura le permite ahorrar 287,83 COP por cada dólar. Dado que los costos de los fertilizantes son de 104,42 USD, la ganancia por efecto de la cobertura asciende a 30.054,62 COP, demostrando cómo el forward protege frente a la devaluación del peso.

En contraste, en el **Escenario 2**

Escenario 2 (la TRM baja)	
Precio Spot USD/COP	3.700,00
Forward 180 Días	4.012,17
Diferencia con el Forward	- 312,17
Costos de los Fertilizantes USD	121,35
Pierde porque negocie mal el Forward	- 37.882,47

Cuando la TRM baja a 3.700 COP/USD, el forward resulta desfavorable, pues obliga a comprar dólares a 4.012,17 COP/USD, perdiendo 312,17 COP por dólar. En este caso, con un costo de fertilizantes de 121,35 USD, la pérdida equivale a 37.882,47 COP, lo que evidencia que, aunque el forward reduce la incertidumbre cambiaria, también implica el riesgo de pagar más en escenarios de revaluación del peso.

Este instrumento, si es efectivo, puede ser de difícil acceso para pequeños y medianos agricultores que carecen del conocimiento técnico o de la capacidad de negociación individual frente a los bancos. En este sentido, se propone fomentar el acceso a derivados financieros a través de esquemas de agrupación y apoyo institucional. Las asociaciones o cooperativas de agricultores podrían negociar contratos forward colectivos, aprovechando economías de escala para obtener mejores condiciones. Asimismo, entidades como Finagro, Bancóldex o el Banco Agrario podrían ofrecer productos financieros diseñados específicamente para la cobertura cambiaria del sector agroexportador, incluyendo líneas de cobertura subsidiadas o garantizadas por el Estado. Otra alternativa es la intermediación a través de comercializadoras internacionales o corredores especializados registrados ante la Bolsa de Valores de Colombia, quienes pueden ofrecer estructuras más accesibles y adecuadas a las necesidades de los agricultores.

Conclusiones

Al evaluar el comportamiento de la tasa de cambio real en el periodo evaluado “(2019-2023)” se evidencia el año (2021) fue el de mejor desempeño en cuanto a producción, costos de producción, precios y tasa de cambio. Al realizar el modelo se encontró que la tasa de cambio real (TCR) del arroz paddy verde fue superior a uno, lo cual indica que este producto fue más competitivo a medida de que pasaban los meses y los años, así mismo, se puede observar como el periodo más débil fueron los años 2019 - 2020, debido a las medidas restrictivas adoptadas por algunos países a la hora de importar productos, como resultado de la emergencia sanitaria que provocó así una apreciación real en diecinueve de los veinticuatro meses estudiados.

Sin embargo, a pesar de estos años débiles, los siguientes tres años (2021-2023) fueron sólidos, registrando una depreciación real en treinta y uno de los treinta y seis meses, lo cual induce que el producto ha sido competitivo desde el punto de vista de los precios nacionales en comparación con los precios internacionales.

Así pues, por medio del modelo econométrico el cual tuvo como variable dependiente la rentabilidad del cultivo de arroz, se comprobó cómo los riesgos cambiarios afectaron su precio y la rentabilidad, así como las exportaciones dentro del periodo estimado, lo cual se reflejó en una balanza comercial deficitaria, evidenciando una reducción de las exportaciones.

Para contrarrestar el efecto de los riesgos cambiarios este trabajo se propusieron dos instrumentos financieros para contrarrestar el riesgo cambiario en primer lugar la emisión de bonos verdes por parte de entidades financieras como el Banco Agrario y la Bolsa Mercantil, como mecanismo para fortalecer la financiación del sector arrocerero en un futuro, causando que la vulnerabilidad a la que está expuesta el precio del arroz frente al dólar sea mitigada en gran proporción, igualmente se incrementaría la competitividad del arroz colombiano en el mercado local e internacional al mejorar la productividad y promover la innovación en el sector, generando así que la balanza comercial tenga un mejor punto de equilibrio y causaría una reducción en la brecha que hay al importar más cantidades de arroz que las que se producen en Colombia para solventar la dieta alimentaria del país.

El bono verde si bien podría afectar de manera indirecta al sector arrocerero, tendría que implementarse a largo plazo para incentivar prácticas sostenibles, mejorar el acceso a financiación y fortalecer la competitividad, el bono verde puede convertirse en un motor clave para el desarrollo rural y la sostenibilidad del agro colombiano en su conjunto, siempre y cuando exista una infraestructura adecuada para facilitar su operación.

La implementación de bonos verdes y forwards en el sector agrícola puede sentar las bases para una nueva categoría de inversión temática en Colombia, centrada en el desarrollo rural sostenible. Esta categoría integraría objetivos financieros con metas ambientales y sociales, atrayendo a inversionistas interesados en proyectos con impacto positivo. Al formalizar mecanismos como los Bonos verdes o Forwards para apoyar sectores productivos sostenibles, Colombia podría posicionarse como un referente regional en finanzas verdes, diversificando su

mercado de capitales y fortaleciendo la articulación entre el desarrollo económico y la acción climática. Esta evolución no solo amplía el alcance del instrumento financiero, sino que también abre nuevas oportunidades para transformar estructuralmente el campo colombiano.

En segundo lugar, se pueden implementar otros instrumentos financieros como los contratos forward para mitigar el riesgo cambiario que enfrentan los exportadores de arroz en Colombia. Su implementación permitiría a los agricultores proteger su rentabilidad frente a la volatilidad del tipo de cambio, fortalecer su capacidad de planificación financiera y mejorar la sostenibilidad de su actividad exportadora. Para que estas herramientas sean realmente útiles, es necesario avanzar en programas de educación financiera rural, fortalecer la institucionalidad de apoyo al agro y promover esquemas colectivos que faciliten el acceso a derivados financieros por parte del pequeño productor.

Finalmente, se observó a lo largo del trabajo de grado que el arroz colombiano pese a tener complicaciones en el mercado internacional, debido a la incidencia de la tasa de cambio real y los riesgos que ocasionan y que afectan la rentabilidad y competitividad del producto, este aún sigue representando uno de los productos agrícolas que garantizan la seguridad alimentaria del país, siempre y cuando se cumpla con los requerimientos de la sostenibilidad ambiental y económica que permitan a los productores nacionales mantenerse en el mercado.

Recomendaciones

Se recomienda considerar el uso de los contratos forward como un instrumento financiero para proteger al sector agricultor y a los arroceros frente a los efectos que puede generar la volatilidad cambiaria, el Tratado de Libre Comercio (TLC) con la reducción gradual de aranceles, los cuales impactan con el paso de los años, estos contratos permiten fijar los precios con anticipación, reduciendo el riesgo de mercado y proporcionando estabilidad ante las fluctuaciones en los precios del arroz.

Como segunda recomendación, los bonos verdes también podrían plantearse con una tasa de interés indexada más puntos que dicte el Banco de la República y esta puede ser la DTF (Tasa de Depósito a Término Fijo).

Bibliografía

1. Alonso Julio César, C. A. (2004). *LA TASA DE CAMBIO NOMINAL EN COLOMBIA* (segunda ed.). (J. C. alonso, Ed.) Cali, Colombia: Departamento de Economía - Universidad ICESI.
2. Ana Maria Diaz. (26 de 12 de 2024). *Colombia Emprendedora Blog Interactivo*. Obtenido de <https://www.colombiaemprendedora.org/guia-completa-sobre-la-emision-de-bonos-en-el-mercado-bursatil-colombiano/?form=MG0AV3>
3. Arturo A Mattos. (28 de 08 de 2024). *Rankia Colombia*. Obtenido de <https://www.rankia.co/blog/analisis-colcap/3533802-que-son-bonos-tipos-como-invertir?form=MG0AV3>
4. Banco de la Republica de Colombia. (2025). *banrep*. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/glosario/iter>:
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-tasa-cambio-real-iter>
5. *Banco de la República de Colombia Tasa representativa del mercado (TRM)*. (s.f.). Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>
6. Bancolombia. (2023). *PROSPECTO DE INFORMACIÓN PROGRAMA DE EMISIÓN Y COLOCACIÓN DE BONOS ORDINARIOS, BONOS VERDES, BONOS SOCIALES, BONOS SOSTENIBLES, BONOS NARANJA Y BONOS SUBORDINADOS DE BANCOLOMBIA S.A.* Bogotá.

7. Carlos Andrés Arcila Salazar. (2013). *Algunas consideraciones generales sobre los bonos*. Bogotá: Revista de Derecho Privado.
8. Código de Comercio de Colombia. (Sección 4, Artículo 752). Código de Comercio de Colombia.
9. Colombia Potencia de vida, Fedearroz, Dane. (2024). *Boletín técnico Quinto Censo Nacional Segunda entrega*. Bogotá D.C.
10. Fedearroz. (s.f.). Obtenido de <https://www.fedearroz.com.co/es/>
11. FEDEARROZ, D. (9 de Febrero de 2024).
<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/CNA/bol-5toCNA-2023.pdf>.
12. FEDEARROZ, DANE. (9 de febrero de 2024).
<https://www.dane.gov.co/files/operaciones/CNA/bol-5toCNA-2023.pdf>. (DANE, Editor, & FEDEARROZ, Productor)
13. FEDESARROLLO. (Enero de 2022).
<https://www.andi.com.co/Uploads/Conclusiones%20Fedesarrollo%202022.pdf>.
14. FEDESARROLLO. (Enero de 2022).
<https://www.andi.com.co/Uploads/Conclusiones%20Fedesarrollo%202022.pdf>.
(FEDESARROLLO, Editor, & R. I. Parra-Peña, Productor)
15. Fernández Hinojosa. (2018). *Los bonos verdes: el caso*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

16. González Aréchiga Bernardo, D. T. (2001). Riesgo cambiario, brecha de madurez y cobertura con futuros: análisis local y de valor en riesgo. *Economía Mexicana Nueva Época*.
17. Granados, J. A. (2012). *Mercado de capitales y portafolios de inversión*. Medellín: Ediciones de la U.
18. Gustavo, D. V. (2012). Impacto del TLC con Estados Unidos en el sector agrícola colombiano, más riesgos que oportunidades (caso arroz). *Revista CIFE: Lecturas de Economía Social*, 55-82.
19. Gustavo, D. V. (2017). Incidencia del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos en la competitividad del sector agrícola colombiano: Casos del arroz y maíz. *Revista de economía del caribe*, 154-182.
20. Hull, J. C. (2006). *Opciones, Futuros y Otros Derivados (6.ª edición)*. Prentice-Hall.
21. Induarroz. (2023). *TLC con Estados Unidos: arroceros colombianos deben prepararse para las importaciones ilimitadas y sin arancel: Induarroz*.
22. Inesem Business school. (s.f.). Obtenido de <https://www.inesem.co/diccionario-empresarial/rentabilidad>
23. Ingrid Milena Buitrago, C. P. (2021). *Instrumentos derivados como herramientas estratégicas en la comercialización y financiación en el sector arrocero en la región Llanos*. El Conuco.
24. International Market Capital Association. (2018). *Green Bond Principles (GBP)*.

25. Kozikowski. (2007). *Finanzas Interacionales*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
26. Krugman, P. (1996). *Pop Internationalism*. MIT Press.
27. Krugman. Paul, O. M. (2006). *Economía Internacional Teoría y política* (Vol. septimo). (Y. Moreno, Trad.) Pierson Educación , S.A.
28. López, J. F. (2 de diciembre de 2018). *Economipedia*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/tipo-de-cambio-real.html>
29. Ministerio de Agricultura, D. R. (2022). *Fortalecimiento de los instrumentos y mecanismos de gestión del riesgo de mercado y del financiamiento no bancario*.
30. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Decreto 926 de 2017*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/decreto-926-de-2017/>
31. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2021). *Boletín n°. 55 Colombia lanza por primera vez en la historia exitosa colocación de TES verdes por \$750.000 millones*. Bogotá.
32. Minvivienda. (s.f.). *¿Los bonos verdes están regulados en Colombia?* . Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/node/39818>
33. Montoya, M. A.–T. (2006). *¿CUÁLES SON LOS DETERMINANTES DE LA TASA DE CAMBIO REAL EN COLOMBIA PARA EL PERIODO 1985-2005?* Medellín, Colombia: UNIVERSIDAD EAFIT.

34. Mosquera, J. R. (10 de Marzo de 2025). *Agronegocios*. Obtenido de Agronegocios: https://www.agronegocios.co/agricultura/el-paro-arrocero-continua-con-protestas-y-bloqueos-sin-ningun-acuerdo-con-el-gobierno-4082146?utm_source=chatgpt.com
35. Otero, J. G. (1997). *Los determinantes de la tasa de cambio real en Colombia*.
36. Pulencio, A. M. (s.f.). *Bancoldex*. Obtenido de <https://www.bancoldex.com/es/blog/el-riesgo-cambiario-y-los-mecanismos-de-cobertura-4549>
37. Rafael Isidro Parra-Peña S, S. F. (2022). *La competitividad de la cadena del arroz en Colombia Un compromiso con el bienestar del agricultor*. Cámara Induarroz y Fedesarrollo.
38. Romina Recine Nisi. (2019). *Beneficios de los bonos verdes sobre sus emisores e inversionistas en Colombia*. Bogotá.
39. Sarmiento Fernández Constanza, G. L. (2023). *INFORME TÉCNICO FINAL DE INVESTIGACIÓN BENEFICIOS DE LOS BONOS VERDES EN COLOMBIA*. Bogotá: UNIVERSIDAD EAN.
40. Tovar, D. C. (2019). *ANÁLISIS DE LAS PARTICULARIDADES DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL ARROZ EN COLOMBIA 2010-2018*. Bogotá.
41. Universidad de Guadalajara. (2018). *Clasificación de Riesgos Financieros*. Guadalajara, México.

42. Universidad de Medellín. (2008). *Riesgos Financieros y Económicos*. Medellín:
Sello editorial Universidad de Medellín.
43. Venegas Martinez Francisco, R. A. (2008). *Estabilización de precios y expectativas de devaluación: tasas de interés estocásticas*.
44. Villamizar, J. J.-D.-M. (2005). *La Tasa de Cambio Real en Colombia. ¿Muy Lejos del Equilibrio?* Banco de la Republica de Colombia.
45. Vivel Búa María Milagros. (2010). El riesgos cambiario y su cobertura. *Revista Galega de Economía*.