

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

NEXO ENTRE CRECIMIENTO ECONÓMICO Y  
DESARROLLO DEL SISTEMA FINANCIERO: ANÁLISIS DE  
COINTEGRACIÓN Y SERIES DE TIEMPO PARA EL CASO  
DE COSTA RICA.

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración  
de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en  
Estadística para optar al grado y título de Maestría Profesional en  
Estadística

FABIÁN BRENES TREJOS

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

**Dedicatoria**

**Agradecimiento**

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Estadística de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Estadística.”

---

Grado académico y nombre completo  
**Decano o Representante del Decano**  
**Sistema de Estudios de Posgrado**

---

Doctor Shu Wei Chou  
**Profesor Guía**

---

Máster Rodrigo Corrales Mejías  
**Lector**

---

Doctor Maikol Solís Chacón  
**Lector**

---

Grado académico y nombre completo  
**Director Programa de Posgrado en Estadística**

---

Fabián Brenes Trejos  
**Sustentante**

# Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el nexo que existe entre el desarrollo del sistema financiero y el crecimiento económico para el caso de Costa Rica, mediante modelos de series temporales. En este sentido, los resultados de los modelos estimados muestran que el efecto en el crecimiento económico al aplicar una innovación al desarrollo del sistema financiero es positivo, lo cual está en línea con lo que indica la teoría. Adicionalmente, se proyecta el crecimiento del PIB para el año 2021 utilizando un escenario base y se contrastan los resultados con simulaciones de escenarios de estrés.

# Abstract

This document aims to study the link between the development of the financial system and economic growth, in the case of Costa Rica, through time series models. In this sense, the results of the estimated models show that the effect of economic growth is positive, when an innovation is applied in the development of the financial system, which is in line with economic theory. In addition, a baseline scenario for annual GDP growth in 2021 is forecasted and then contrasted with the results of a stress scenario simulation analysis.

# Lista de cuadros

1	Resumen de los artículos revisados. . . . .	7
2	Matriz de correlaciones . . . . .	24
3	Prueba Dickey-Fuller de las series en niveles . . . . .	26
4	Prueba Dickey-Fuller de las series en primeras diferencias . . . . .	26
5	Rango de cointegración: Estadístico de auto-valor máximo . . . . .	27
6	Coefficientes estimados del modelo VAR(4) . . . . .	29
7	Pruebas de diagnóstico del VAR . . . . .	29
8	Módulo de los valores propios de los coeficientes del Modelo VAR (4) . . . . .	31
9	Pruebas de Causalidad . . . . .	31
10	Coefficientes estimados del modelo VECM . . . . .	33
11	Matriz de cointegración ( $\beta$ ) . . . . .	34
12	Matriz de cargas ( $\alpha$ ) . . . . .	34
13	Pruebas de diagnóstico del VECM . . . . .	35
14	Prueba Diebold - Mariano . . . . .	40
15	Valores de las covariables para el escenario base . . . . .	41
16	Estimaciones del modelo VAR para el escenario base . . . . .	41
17	Estimación anual del modelo VAR para el escenario base . . . . .	41
18	Cuantiles de las covariables . . . . .	42
19	Medianas del crecimiento del PIB . . . . .	43
20	Medianas del Sistema Financiero . . . . .	43
21	Estimaciones del crecimiento económico en el escenario estresado . . . . .	44
22	Estimaciones del Sistema Financiero en el escenario estresado . . . . .	44
23	Real vs escenario estresado para 2020 . . . . .	46

## Lista de figuras

1	Crecimiento Interanual del PIB real de Costa Rica . . . . .	12
2	Créditos del sistema financiero en relación al PIB nominal . . . . .	13
3	Apertura Comercial . . . . .	14
4	Crecimiento económico de EUA . . . . .	14
5	Inflación . . . . .	15
6	Tasa básica pasiva . . . . .	15
7	Variación interanual del tipo de cambio . . . . .	16
8	Series de tiempo bivariadas generadas por procesos estables e inestables . . . . .	17
9	Desarrollo del Sistema Financiero vs. Crecimiento Económico . . . . .	24
10	Correlogramas de las variables endógenas . . . . .	25
11	Correlogramas de las variables endógenas en primeras diferencias . . . . .	26
12	Correlogramas de los residuos del modelo VAR . . . . .	29
13	Correlación cruzada de los residuos del modelo VAR . . . . .	30
14	Q-Q de los residuos del modelo VAR . . . . .	30
15	Impacto en el crec. econ a un impulso en el des. s.f.(utilizando el VAR (4) ajustado y los intervalos fueron obtenidos mediante bootstrap de 100 corridas) . . . . .	32
16	Impacto en el des. s.f. a un impulso del crec. econ. (utilizando el VAR (4) ajustado y los intervalos fueron obtenidos mediante bootstrap de 100 corridas) . . . . .	32
17	Correlogramas de los residuos del VECM . . . . .	35
18	Correlación cruzada de los residuos del VECM . . . . .	35
19	Q-Q de los residuos del VECM . . . . .	36
20	Impacto en el crec. econ a un impulso del des. s.f. (VECM y los intervalos fueron obtenidos mediante bootstrap de 100 corridas) . . . . .	37
21	Impacto en el des. s.f. a un impulso del crec. econ. (VECM y los intervalos fueron obtenidos mediante bootstrap de 100 corridas) . . . . .	37
22	Impacto en crec.econ por impulso en des.sf . . . . .	38
23	Impacto en des.sf por impulso en cre.econ . . . . .	39
24	Crecimiento económico anual y escenario estresado para 2021 . . . . .	44
25	Desarrollo del S.F. y escenario estresado en 2021 . . . . .	45
26	Crecimiento económico anual y escenario estresado para 2020 . . . . .	46

# Lista de ilustraciones

1	Relación teórica entre sistema financiero y crecimiento económico . . . . .	1
---	---	---



## Lista de abreviaturas

*BCCR* Banco Central de Costa Rica

*cpib.cri* Crecimiento económico de Costa Rica

*cpib.usa* Crecimiento económico de Estados Unidos

*des.sf* Desarrollo del Sistema Financiero

*EC* Error cuadrático

*FIR* Función Impulso-Respuesta

*ied.pib* Inversión Extranjera Directa en relación al PIB

*mif* Margen de Intermediación Financiera

*PIB* Producto Interno Bruto

*S.F.* Sistema Financiero

*SUGEF* Superintendencia General de Entidades Financieras

*VAR* Vectores Autorregresivos

*VECM* Modelo de Corrección de Error Vectorial

# Tabla de Contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	ii
Resumen	iv
Abstract	v
Lista de cuadros	vi
Lista de figuras	vii
Lista de ilustraciones	viii
Lista de abreviaturas	ix
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos . . . . .	3
1.1.1 Objetivo General . . . . .	3
1.1.2 Objetivos específicos . . . . .	3
1.2 Organización del trabajo . . . . .	3
<b>2 Marco de referencia</b>	<b>4</b>
<b>3 Metodología</b>	<b>12</b>
3.1 Variables de estudio . . . . .	12
3.1.1 Crecimiento Interanual del PIB Real de Costa Rica . . . . .	12
3.1.2 Créditos del Sistema financiero . . . . .	12
3.1.3 Covariables . . . . .	13
3.2 Técnicas estadísticas . . . . .	16
3.2.1 Modelos VAR . . . . .	16
3.2.2 Causalidad de Granger . . . . .	19
3.2.3 VECM . . . . .	20
3.3 Programas computacionales empleados . . . . .	22

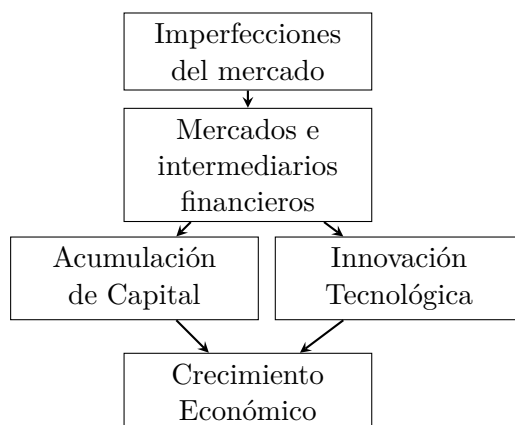
<b>4</b>	<b>Resultados y análisis</b>	<b>23</b>
4.1	Análisis preliminar . . . . .	23
4.1.1	Estacionariedad . . . . .	25
4.1.2	Cointegración . . . . .	27
4.2	Modelo VAR . . . . .	28
4.2.1	Pruebas de diagnóstico . . . . .	28
4.2.2	Discusión e interpretación del VAR . . . . .	31
4.3	VECM . . . . .	33
4.3.1	Pruebas de diagnóstico . . . . .	34
4.3.2	Discusión e interpretación del VECM . . . . .	36
4.4	Comparación de resultados del VAR y VECM . . . . .	38
4.5	Simulaciones . . . . .	40
4.5.1	Análisis de sensibilidad . . . . .	41
4.5.2	Escenario de estrés . . . . .	43
<b>5</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>49</b>

# 1 Introducción

Existen teorías económicas que plantean que un eficiente funcionamiento del sistema financiero genera beneficios positivos en el desempeño económico de un país, ya que surge como mitigador de fricciones en el mercado. En este sentido, en aras de solventar dichas ineficiencias, los sistemas financieros cumplen cinco funciones básicas: 1) movilización de ahorros, 2) colocación de esos ahorros en actividades que generan rendimiento, 3) monitoreo corporativo, 4) facilita la gestión y cobertura del riesgo y 5) favorece el intercambio de bienes y servicios (Levine, 1997).

Por otra parte, mediante las funciones del sistema financiero el crecimiento económico se ve positivamente afectado por la acumulación de capital producto de la modificación de la tasa de ahorro y por la recolocación de recursos ociosos a tecnologías generadoras de capital. Adicionalmente impulsa la innovación tecnológica, puesto que los intermediarios financieros identifican y dotan de recursos a aquellos empresarios con más posibilidades de implementar productos innovadores y mejores procesos de producción (Levine, 1997). Es decir, el desarrollo del sistema financiero se manifiesta en un aumento en el acceso al crédito, que resulta en mayores recursos para la inversión que a su vez impulsa la especialización laboral y el ingreso de nueva tecnología, generando consecuentemente mayor crecimiento económico (Blanco, 2013). Esta relación teórica entre sistema financiero y crecimiento económica se esquematiza en la figura 1.

Ilustración 1: Relación teórica entre sistema financiero y crecimiento económico



Fuente: Levine (1997, figura 1)

No obstante, algunos autores alertan sobre el efecto desestabilizador en la economía producto de la liberación financiera, en donde se destaca el rápido crecimiento del crédito bancario, de la deuda pública y el precio de acciones como fuertes predictores de la ocurrencia e intensidad de crisis financieras (Loayza *et al.*, 2017). De igual manera, entre los expertos existe discrepancias sobre la dirección de causalidad, por ejemplo, investigaciones empíricas basadas en datos de panel, han evidenciado que el sistema financiero causa crecimiento económico (Levine *et al.*, 2000), por otro lado, estudios que utilizan series de tiempo han identificado causalidad en ambos sentidos (Liu y Calderón, 2002).

En el caso de Costa Rica, el sistema financiero empezó a modernizarse en la década de los ochenta, con reformas de desregularización que impulsaron el surgimiento de bancos y cooperativas privadas, acompañado de medidas para la eliminación de topes de cartera y reducir la intervención estatal en la fijación de tasas de interés (Loría Sagot, 2013).

Sin embargo, el desarrollo del sistema financiero en el país no ha sido suficiente; en un estudio realizado por Castro y Serrano (2013), enfocado a analizar el margen de intermediación financiera, se concluye que la estructura de mercado de la banca costarricense es oligopólica, en donde el precio de los servicios financieros es mayor al que se ofrecería bajo un escenario de equilibrio competitivo. Asimismo, empleando una metodología diferente, Salas-Alvarado *et al.* (2015), afirman que la presencia de grandes actores en el mercado bancario costarricense está asociado con menores indicadores de competencia, siendo el segmento de banca estatal menos competitivo en comparación con la banca privada. Análogamente, Yong (2007) destaca que Costa Rica posee altos niveles de intermediación financiera y de concentración de mercado, especialmente si se mide con los activos.

De conformidad con lo mencionado, se constata que el sistema financiero costarricense no ha alcanzado suficiente madurez, por lo cual resulta de particular importancia estudiar el nexo que su desempeño ha tenido con la economía, y así aportar evidencia empírica que sirva como insumo para la formulación de política enfocada a impulsar el crecimiento económico. Por tal motivo, surge el siguiente problema de investigación: **¿Cuál es la relación entre el desarrollo del sistema financiero**

**costarricense con respecto al crecimiento económico experimentado de 1997 a 2020?** A partir de esta pregunta se formula el siguiente objetivo general de la investigación:

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

Estudiar la relación entre el desarrollo del sistema financiero y el crecimiento económico mediante modelos de series temporales multivariados, para el caso de Costa Rica, en el periodo 1997 - 2020.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Conocer tendencias, valores atípicos y correlaciones mediante un análisis exploratorio.
- Analizar los supuestos de estacionariedad por medio de análisis gráfico y pruebas estadísticas.
- Estudiar la cointegración entre las variables a partir de un modelo de vectores autorregresivos (VAR).
- Estimar los parámetros de cointegración con base en un modelo de corrección de error vectorial (VECM).
- Identificar políticas para impulsar el crecimiento económico, mediante un estudio de simulaciones con el modelo ajustado.

## **1.2 Organización del trabajo**

Este documento consta de 6 secciones, en la primera parte se hace una introducción, se justifica la relevancia de efectuar esta investigación y se presentan los objetivos. La siguiente parte corresponde al marco de referencia, donde se presentan estudios realizados previamente sobre el mismo tema en cuestión y sus principales hallazgos. En la sección 3 se hace un abordaje sobre las técnicas estadísticas que se aplicaron para realizar el análisis, seguido de los resultados del estudio en la sección 4. Finalmente en la sección 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones.

## 2 Marco de referencia

Entre la abundante literatura enfocada en estudiar el nexo entre crecimiento económico y desarrollo del sistema financiero, se destacan los aportes realizados por Ross Levine, que abarcan tanto estudios empíricos como teóricos. Particularmente su artículo “*Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda*” es base para el presente estudio, debido a que realiza un amplio repaso de las principales contribuciones teóricas para explicar la problemática en cuestión y lo organiza en un marco analítico.

En esta línea, Levine (1997) menciona que el motivo de la existencia de instituciones financieras es solventar fricciones que impiden un funcionamiento eficiente del mercado, por ejemplo, las asimetrías de información y los costos de transacción pueden limitar que activos se conviertan en medios de intercambio, lo que se conoce como riesgo de liquidez. En tal sentido, los bancos ofrecen productos de ahorro con distintos plazos y rendimientos que proveen cobertura en estas situaciones, mientras que, simultáneamente, redirigen esos recursos hacia actividades de alto retorno económico que requieren inversiones de largo plazo.

La principal conclusión del artículo es que existe gran cantidad de análisis empíricos que demuestran un fuerte vínculo entre crecimiento económico de largo plazo y desarrollo del sistema financiero, no obstante, es difícil concluir tanto a nivel empírico como teórico, si el sistema financiero incide en mayor producción, o caso contrario, el desarrollo del sistema financiero es producto del proceso de crecimiento económico, lo que plantea la necesidad de continuar investigando sobre el tema (Levine, 1997).

Por otra parte, Beck *et al.* (2000) examinan la relación entre intermediarios financieros, crecimiento económico y sus fuentes: tasas de ahorro privadas, acumulación de capital y productividad total de los factores, mediante dos técnicas estadísticas: i) regresión con datos de corte transversal utilizando variables instrumentales para controlar el potencial sesgo de simultaneidad y ii) regresión con datos de panel y el estimador de métodos de los momentos generalizados (GMM por sus siglas en inglés). Del análisis realizado, destaca la relación estadísticamente significativa entre el desarrollo del sistema financiero y la fuente de crecimiento económico asociada

a la productividad de los factores, mientras que se identifica una relación ambigua con las otras fuentes debido a que los resultados difieren entre técnicas estadísticas y al utilizar otros indicadores de desarrollo del sistema financiero como variable dependiente.

En vista de que el interés del presente trabajo consiste en analizar la interacción dinámica entre las variables en el tiempo, existe una limitante al aplicar modelos de regresión simple ya que suponen una variable respuesta en términos de las otras como constantes. Por tal motivo, se empleó metodología de análisis de series de tiempo tales como cointegración, causalidad de Granger, modelos VAR y mecanismos de corrección de error, y por tanto, se prestó especial atención a la literatura que estudia estos temas.

Desde esta perspectiva Arestis *et al.* (2010) examinan si la estructura del sistema financiero (un sistema financiero basado en bancos en comparación con sistemas financieros basados en mercado de valores) es significativa para explicar el crecimiento económico, contemplando la heterogeneidad entre países. Para abordar el estudio, utilizan modelos VAR y VECM en cada país individualmente y luego comparan los resultados con los obtenidos analizando los países en conjunto con datos de panel. La principal conclusión a la que llegan los autores es que de los 6 países analizados, en 5 se constató que la estructura del sistema financiero afecta el crecimiento económico. Asimismo, mediante los VECM, se evidenció una relación de largo plazo entre producción y la estructura del sistema financiero. Aunque es un tema que trasciende el foco del presente trabajo, el artículo también aporta evidencia en contra de estudiar esta temática con datos de panel, ya que existe alta heterogeneidad en la dinámica estructura del sistema financiero-crecimiento económico entre países, que afectan los resultados.

De igual forma, empleando modelos VAR y modelos de corrección de error en datos de panel, Chortareas *et al.* (2015) analizan el nexo entre crecimiento económico y desarrollo del sistema financiero, controlando por indicadores de apertura económica e identifican la relación causal entre las variables de interés. Los autores concluyen que la relación entre sistema financiero y crecimiento económico gana relevancia cuando se controla por indicadores de apertura económica, siendo más importante



la apertura comercial en los países en vías de desarrollo y la apertura financiera en los países desarrollados. Por su parte, aportan evidencia a favor de que el desarrollo del sistema financiero impulsa la producción en el largo plazo, para los países desarrollados, mientras que la relación causal resultó bidireccional en los países en vías de desarrollo.

No obstante, existe amplia bibliografía dirigida a estudiar los efectos negativos del sistema financiero en el crecimiento económico. Desde un punto de vista teórico, Aghion *et al.* (2004) analizan el rol de factores financieros como fuente de inestabilidad en economías pequeñas y abiertas. Para tal fin, formulan un modelo teórico de un país pequeño y abierto, que comercializa un único bien producido con un factor y capital, asimismo, se asume libre movilización de flujos internacionales. La principal conclusión del artículo consiste en que países con desarrollo intermedio del sistema financiero, son más inestables, debido a que los shocks son más largos y persistentes y muestran ciclos estables limitados. Este comportamiento es explicado debido a que en escenarios donde el desarrollo del sistema financiero es alto, las inversiones de las empresas no están limitadas por flujos de financiamientos, por tanto, los shocks al flujo de caja son irrelevantes. Por otra parte, en presencia de bajos niveles de desarrollo de sistema financiero, las empresas no tienen muchas opciones de acceder a préstamos, por lo cual situaciones en donde el financiamiento se ve afectado, genera poco impacto. El cuadro 1 resume los hallazgos de los artículos mencionados.

Cuadro 1: Resumen de los artículos revisados.

Artículo	Objetivo	Síntesis
(Levine, 1997) Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar un marco analítico sobre el nexo crecimiento-sistema financiero, con teoría existente.</li> <li>• Evaluar la importancia del sistema financiero en el crecimiento económico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Metodología:</b> Hace una revisión de estudios anteriores y sus conclusiones, no realiza un análisis específico para este artículo.</li> <li>• <b>Principal conclusión:</b> A pesar de la gran cantidad de evidencia empírica a favor del vínculo entre crecimiento económico y desarrollo del sistema financiero, existe la necesidad de mayor investigación sobre el desarrollo del sistema financiero.</li> </ul>

Cuadro 1 – continúa de la página anterior

Artículo	Objetivo	Síntesis
(Beck <i>et al.</i> , 2000) Finance and the sources of growth	Examinar la relación del desarrollo de los intermediarios financieros y las fuentes de crecimiento económico: tasas de ahorro, acumulación de capital y productividad total de los factores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Metodología:</b> Estimadores de panel GMM dinámicos y estimadores de variables instrumentales de corte transversal con una muestra de 63 países y el periodo 1971-1995.</li> <li>• <b>Variables de control:</b> escolaridad, apertura económica, inflación, tamaño del estado, premio por invertir en el mercado negro.</li> <li>• <b>Principal conclusión:</b> Se identifica una asociación estadísticamente significativa y económicamente alta entre desarrollo del sistema financiero y la fuente de crecimiento económica correspondiente a la productividad total de los factores.</li> </ul>

Cuadro 1 – continúa de la página anterior

Artículo	Objetivo	Síntesis
(Arestis <i>et al.</i> , 2010) Financial structure and economic growth: Evidence from time series analyses	Examinar si la estructura del sistema financiero (basada en bancos en contraste con sistemas financieros basados en mercado de valores) es significativa para explicar el crecimiento económico, contemplando la heterogeneidad entre países.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Metodología:</b> Tomando 6 países con distintas estructuras de sistema financiero, primero se realiza un análisis de serie de tiempo para cada país individualmente, utilizando Modelos VAR. Posteriormente, se analizan los 6 países en conjunto con métodos de paneles dinámicos heterogéneos. Se comparan ambos resultados para evaluar si los datos de los 6 países se pueden analizar en conjunto.</li> <li>• <b>Principal conclusión:</b> De los 6 países analizados, en 5 se constató que la estructura del sistema financiero afecta el crecimiento económico. Asimismo, mediante los VECM, se evidenció una relación de largo plazo entre producción y la estructura del sistema financiero.</li> </ul>

Cuadro 1 – continúa de la página anterior

Artículo	Objetivo	Síntesis
<p>(Chortareas <i>et al.</i>, 2015)</p> <p>Financial De- velopment and Economic Activity in Advanced and Devel- oping Open Economies: Evidence from Panel Cointe- gration</p>	<p>Analizar la relación entre crecimiento económico y sistema fi- nanciero, considerando la apertura comercial y apertura financiera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Metodología:</b> Análisis de cointegración y datos de panel.</li> <li>• <b>Principal conclusión:</b> La relación entre sistema financiero y crecimiento económico gana relevancia cuando se controla por indicadores de apertura económica, siendo más importante la apertura comercial en los países en vías de desarrollo y la apertura financiera en los países desarrollados. Por su parte, se aporta evidencia a favor de que el desarrollo del sistema financiero impulsa la producción en el largo plazo, para los países desarrollados, mientras que la relación causal resultó bidireccional en los países en vías de desarrollo.</li> </ul>

Cuadro 1 – continúa de la página anterior

Artículo	Objetivo	Síntesis
(Aghion <i>et al.</i> , 2004) Financial development and the instability of open economies	Analizar el rol de factores financieros como fuente de inestabilidad en economías abiertas y pequeñas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Metodología:</b> Se formula un modelo teórico básico de un país pequeño y abierto, que comercializa un único bien producido con un factor y capital. Se asume libre movilización de capital internacional.</li> <li>• <b>Principal conclusión:</b> Países con desarrollo intermedio del sistema financiero, son más inestables, debido a que los shocks son más largos y persistentes y muestran ciclos estables limitados.</li> </ul>

### 3 Metodología

En esta sección se detallan técnicas estadísticas, los datos y los programas computacionales que se utilizan para efectuar el estudio.

#### 3.1 Variables de estudio

Las variables de interés son el crecimiento interanual del Producto Interno Bruto (PIB) Real de Costa Rica y los créditos del sistema financiero al sector privado no financiero en porcentaje del PIB Nominal, para el periodo del primer trimestre 2000 hasta el cuarto trimestre 2020. Adicionalmente, dentro del análisis se consideran covariables que están asociadas a las variables en estudio. La fuente de los datos es el Banco Central de Costa Rica para todas las variables, con excepción del PIB de Estados Unidos cuya fuente es la Oficina de Análisis Económico de EUA. A continuación se detallan las variables y covariables incluidas.

##### 3.1.1 Crecimiento Interanual del PIB Real de Costa Rica

Esta variable se utiliza como indicador de crecimiento económico y se calcula como  $\log(\frac{PIB_t}{PIB_{t-4}})$ .

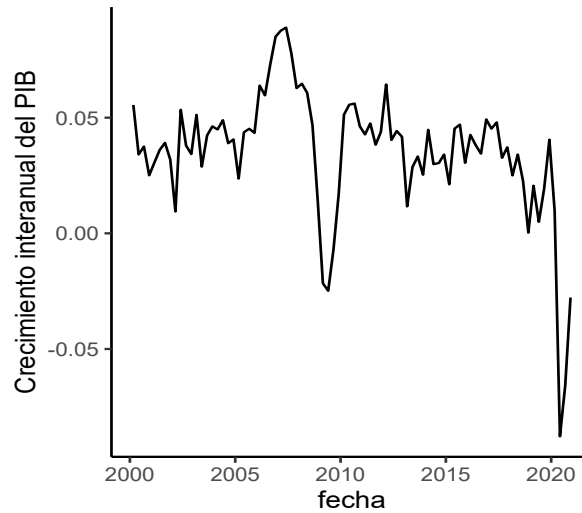


Figura 1: Crecimiento Interanual del PIB real de Costa Rica

##### 3.1.2 Créditos del Sistema financiero

Si bien existen diversas formas de medir desarrollo del sistema financiero, para el presente estudio se utilizó la métrica créditos del sistema financiero al sector privado no financiero

entre el PIB nominal, debido a que permite enfocarse en los fondos prestados a actividades productivas (Swamy y Dharani, 2018).

La unidad de medida es la proporción de los créditos en función al PIB nominal.

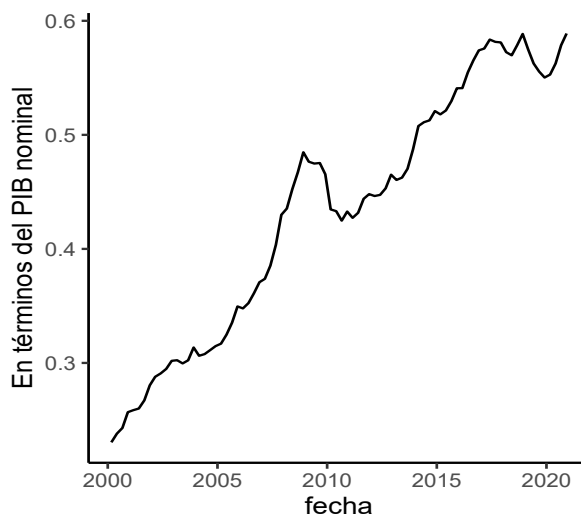


Figura 2: Créditos del sistema financiero en relación al PIB nominal

### 3.1.3 Covariables

Con base en la revisión bibliográfica y al modelo de desarrollo económico de Costa Rica; caracterizado por la apertura comercial (Oviedo *et al.*, 2015); se incluye el indicador de apertura comercial, el crecimiento económico de EUA, principal socio comercial del país, (Banco Central de Costa Rica, 2021a) y la variación interanual del tipo de cambio en moneda nacional en relación al dólar estadounidense como variables exógenas. Adicionalmente se incluye la inflación y la tasa básica pasiva (TBP). A continuación se explican estos indicadores.

1. **Apertura Comercial:** Se calcula sumando las exportaciones e importaciones de un país en relación al producto interno bruto.



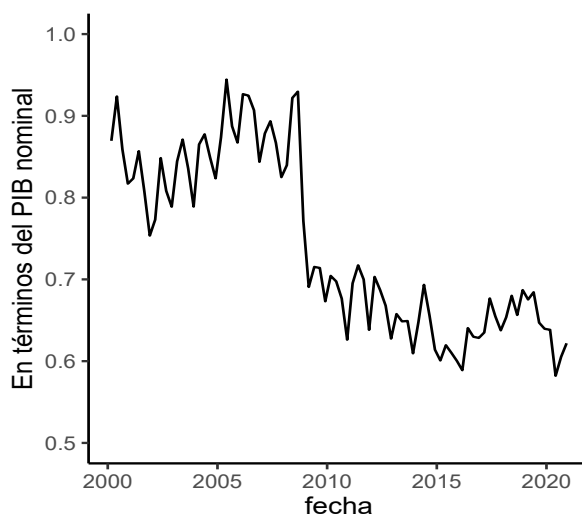


Figura 3: Apertura Comercial

2. **Crecimiento del PIB real de EUA:** Calculado como  $\log(\frac{PIBr_t}{PIBr_{t-4}})$ .



Figura 4: Crecimiento económico de EUA

3. **Inflación:** Representa el aumento anual generalizado de los precios.

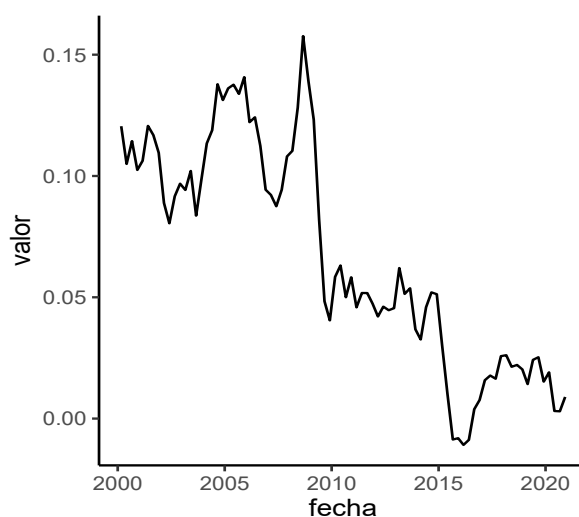


Figura 5: Inflación

4. **Tasa básica pasiva (TBP):** Representa el costo financiero en que incurren los intermediarios financieros para captar recursos en moneda nacional, asimismo, se utiliza como tasa de referencia en una alta proporción de los préstamos que son otorgados en colones y con tasa variable (Banco Central de Costa Rica, 2015).

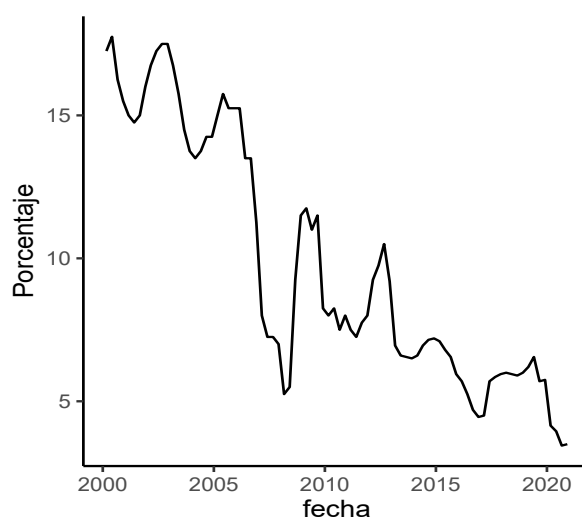


Figura 6: Tasa básica pasiva

5. **Variación Interanual del Tipo de Cambio**

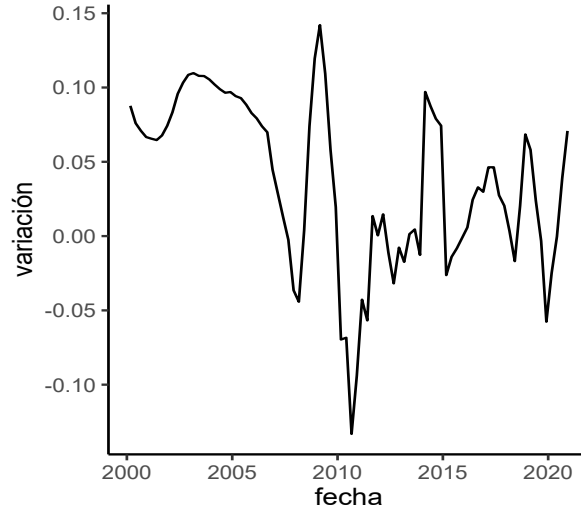


Figura 7: Variación interanual del tipo de cambio

## 3.2 Técnicas estadísticas

### 3.2.1 Modelos VAR

Consisten en sistemas de ecuaciones que se estiman de manera simultánea, generándose una ecuación por cada variable de interés, y utilizando valores rezagados de las variables en estudio, como variables regresoras. A continuación se presenta un modelo VAR para dos variables dependientes y sus valores rezagados 1 periodo como variables independientes (Enders, 2015):

$$\begin{aligned} y_t &= b_{10} + b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \epsilon_{y_t} \\ z_t &= b_{20} + b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \epsilon_{z_t} \end{aligned} \quad (1)$$

en donde  $y$  y  $z$  son estacionarias y las innovaciones  $\epsilon_{y_t}$  y  $\epsilon_{z_t}$  son ruidos blancos no correlacionadas con desviación estándar  $\sigma_Y$  y  $\sigma_Z$  y no presentan autocorrelación (Enders, 2015). El modelo VAR en forma generalizada se define como:

$$\mathbf{y}_t = A_1\mathbf{y}_{t-1} + \dots + A_p\mathbf{y}_{t-p} + C\mathbf{D}_t + \mathbf{u}_t \quad (2)$$

en donde  $\mathbf{y}_t$  es un vector de  $K$  variables endógenas ( $\mathbf{y}_t = y_{1t}, \dots, y_{kt}, \dots, y_{Kt}$ ),  $A_i$  es una matriz de coeficientes de tamaño  $(K \times K)$  con  $i = 1, \dots, p$ ,  $\mathbf{u}_t$  es un vector de procesos ruido blanco e invariante en el tiempo de  $K$  dimensiones y covarianza definida y positiva  $E(\mathbf{u}_t\mathbf{u}_t') = \Sigma$ ,  $C$  es una matriz de coeficientes de potenciales regresores determinísticas

de tamaño  $(K \times M)$  y  $D_t$  son las variables determinísticas asociadas a  $C$ , tales como constantes, tendencias, variables dicotómicas, entre otras (Pfaff, 2008).

Los modelos VAR poseen las siguientes propiedades:

- **Estabilidad:** Partiendo de un modelo VAR de orden 1:  $y_t = v + A_1 y_{t-1} + u_t$  y sustituyendo  $y_{t-1} = v + A_1 y_{t-2} + u_{t-1}$  en  $A_1 y_{t-1}$  sucesivamente se obtiene:

$$\begin{aligned}
 y_t &= v + A_1 y_{t-1} + u_t \\
 &= v + A_1(v + A_1 y_{t-2} + u_{t-1}) + u_t \\
 &= v + A_1 v + A_1^2 y_{t-2} + A_1 u_{t-1} + u_t \\
 &= (I_K + A_1)v + A_1^2 y_{t-2} + A_1 u_{t-1} + u_t \\
 &\vdots \\
 y_t &= (I_K + A_1 + \dots + A_1^j)v + A_1^{j+1} y_{t-j-1} + \sum_{i=0}^j A_1^i u_{t-1}
 \end{aligned} \tag{3}$$

Si los módulos de los eigenvalores de la matriz  $A_1$  son menores a 1, el modelo es un proceso estable, análogamente  $\det(I_K - A_1 z) \neq 0$  para  $|z| \leq 1$  (Lütkepohl, 2005).

Esta condición se explica visualmente en la figura 8, en donde el gráfico superior presenta dos series bivariadas generadas mediante un proceso estable, en contraste, en el gráfico inferior se muestran dos series obtenidas con un proceso inestable con tendencia (Enders, 2015) y (Lütkepohl, 2005).

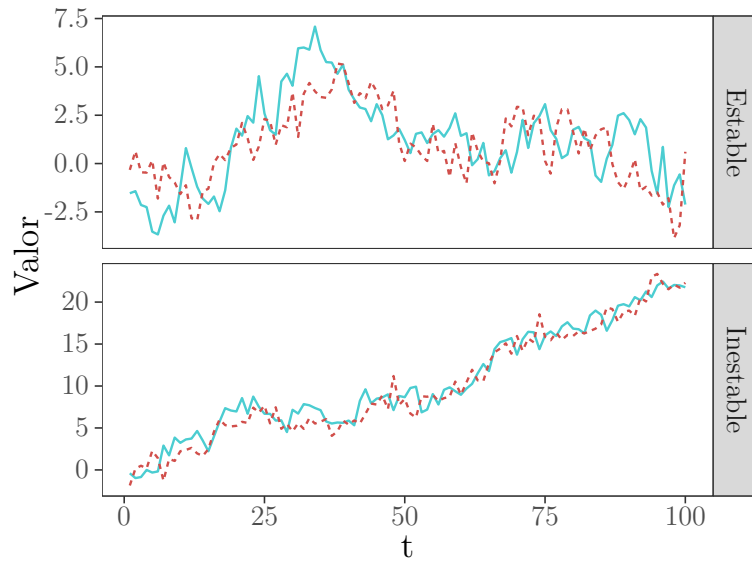


Figura 8: Series de tiempo bivariadas generadas por procesos estables e inestables

Cualquier proceso VAR(p) puede ser escrito en la forma de un VAR(1), por ende, si  $y_t$  es un VAR(p), este se puede expresar de la siguiente forma en un VAR(1) de  $Kp$  dimensiones (Lütkepohl, 2005):

$$Y_t = \nu + AY_{t-1} + U_t$$

en donde:

$$Y := \begin{bmatrix} y_t \\ y_{t-1} \\ \vdots \\ y_{t-p+1} \end{bmatrix}_{Kp \times 1}, \nu := \begin{bmatrix} \nu \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}_{Kp \times 1} \quad (4)$$

$$A := \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & \cdots & A_{p-1} & A_p \\ I_K & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & I_K & & 0 & 0 \\ \vdots & & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & I_K & 0 \end{bmatrix}_{Kp \times Kp}, U := \begin{bmatrix} u_t \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}_{Kp \times 1}.$$

$Y_t$  es estable si cumple la siguiente condición:

$$\det(I_{Kp} - Az) \neq 0, \text{ para } |z| \leq 1. \quad (5)$$

Por tanto, su vector de medias es definido por:

$$\mu := E(Y_t) = (I_{Kp} - 1)^{-1}\nu \quad (6)$$

Y sus covarianzas son:

$$\Gamma_Y(h) = \sum_{i=0}^{\infty} A^{h+i} \Sigma_U (A^i)' \quad (7)$$

En síntesis, si un proceso VAR(p) es estable (cumple la condición de la ecuación 5), su media y varianza son invariables en el tiempo (ecuaciones 6 y 7), por lo cual un VAR(p) además de ser estable también es estacionario. Esta condición se explica a continuación.

**Estacionariedad:** Un proceso es estacionario si sus primero (ecuación 8) y se-

gundos momentos (ecuación 9) son constantes en el tiempo. Estos procesos tienen la particularidad de que el polinomio característico de su operador VAR tiene sus raíces fuera del círculo unitario (Lütkepohl, 2005):

$$E(y_t) = \mu \quad (8)$$

$$E[(y_t - \mu)(y_{t-h} - \mu)'] = \Gamma_y(h) = \Gamma_y(-h)' \quad (9)$$

### 3.2.2 Causalidad de Granger

En Granger (1969) se define que una variable  $Y_t$  causa  $X_t$ , si la predicción de  $X_t$  resulta más certera utilizando toda la información disponible, que la predicción de  $X_t$  excluyendo  $Y_t$ . Esta condición se representa en la ecuación 10:

$$\sigma^2(X|U) < \sigma^2(X|\overline{U - Y}) \quad (10)$$

en donde  $U$  representa toda la información disponible y  $\overline{Y}$  los valores pasados de  $Y$ . De esta forma se dice que  $Y$  causa  $X$  en el sentido de Granger.

De la definición anterior no se puede afirmar que si un evento sucedió antes en el tiempo este generó impacto en otra variable, por tal razón Pfaff (2008) indica que la falacia *post hoc ergo propter hoc* no se puede evadir completamente, por consiguiente la causalidad en su sentido estricto, no es posible comprobarla mediante la prueba de Granger o cualquier otro análisis estadístico que busque explicar lo mismo. Ampliando sobre este último punto, Mulaik (2009) identifica condiciones que se deben cumplir para obtener evidencia de una relación causal en el contexto de Modelos de Ecuaciones Estructurales, de las cuales las siguientes pueden ser aplicadas al objeto de estudio del presente documento:

1. Se deben aislar las variables para excluir influencias de terceras variables que puedan ocultar conexiones causales u ocasionar relaciones espúreas.
2. Debe asegurarse que terceras variables no medidas no interfieran en la relación causal entre la variable dependiente y la independiente.
3. Debe especificarse correctamente la dirección causal entre las variables.
4. Debido a que las relaciones causales son relaciones funcionales entre atributos de objetos, los objetos estudiados deben ser causalmente homogéneos. Es decir, las

relaciones de causalidad deben ser consistentes entre distintas observaciones de las variables en análisis.

5. Identificar en que momento medir los efectos de una variable sobre la otra, ya que los cambios no se dan de manera inmediata.

Mediante la definición de causalidad descrita en la ecuación 10, es evidente que no se cumplen algunas de las condiciones enumeradas anteriormente, y por tanto no es posible hacer inferencia causal, en el sentido estricto del término, con base en los resultados de una prueba de Granger.

### 3.2.3 VECM

En series económicas cronológicas como las que se van a abordar en este estudio, es recurrente que no sean estacionarias de orden 0 y que tengan tendencia. En estos casos, la regresión de las variables en niveles puede llevar a una regresión espúrea, que se caracteriza por una alta significancia de los parámetros,  $R^2$  alto y autocorrelación en el residuo (Pfaff, 2008) y (Engle y Granger, 1987), pero sin fundamento teórico que justifique dicha relación. Empero, si el residuo de la regresión con variables no estacionarias, efectivamente es estacionario, se afirma que las series **cointegran** en el largo plazo, debido a que existe una combinación lineal entre las variables que da como resultado un residuo con un orden de integración menor al de las variables en cuestión (Lütkepohl, 2005).

Asumiendo que en la ecuación 11 las variables son no estacionarias de orden 0 y el residuo es estacionario de orden 0, es decir, las series cointegran, la siguiente ecuación representa el equilibrio en el largo plazo:

$$y_t = \alpha_1 x_{t,1} + \alpha_2 x_{t,2} + \dots + \alpha_k x_{t,k} + z_t \text{ para } t = 1, \dots, T \quad (11)$$

Asimismo, el modelo de corrección de error representa el cambio de una variable en función de sus desviaciones de un nivel de equilibrio (Lütkepohl, 2005). A continuación se presenta este modelo para la relación de largo plazo descrita en la ecuación 12:

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= \psi_0 + \gamma_1 \hat{z}_{t-1} + \sum_{i=1}^K \psi_{1,i} \Delta x_{t-i} + \sum_{i=1}^L \psi_{2,i} \Delta y_{t-i} + \epsilon_{1,t} \\ \Delta x_t &= \xi_0 + \gamma_2 \hat{z}_{t-1} + \sum_{i=1}^K \xi_{1,i} \Delta y_{t-i} + \sum_{i=1}^L \xi_{2,i} \Delta x_{t-i} + \epsilon_{2,t} \end{aligned} \quad (12)$$

Este modelo explica los cambios de la variable dependiente en función de su propia historia, los valores rezagados de la variable explicativa y el error del equilibrio de largo plazo de periodos anteriores ( $\gamma\hat{z}_{t-1}$ ) en donde  $\gamma$  determina la velocidad del ajuste y  $\gamma_1$  debe ser siempre negativo. Por su parte  $\epsilon_{1,t}$  y  $\epsilon_{2,t}$  son procesos de ruido blanco (Pfaff, 2008).

De igual manera, el análisis se puede ampliar al caso multivariado, en donde deja de ser necesario que las series analizadas contengan el mismo nivel de integración. Se toma como referencia Pfaff (2008) y Johansen y Juselius (1990) para explicar esta sección. Partiendo de un modelo VAR similar al de la ecuación 2<sup>1</sup>, se formula el siguiente VECM:

$$\Delta y_t = \Gamma_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta y_{t-p+1} + \Pi y_{t-p} + \mu + \Phi D_t + \epsilon_t \quad (13)$$

$$\Gamma_i = -(I - \Pi_1 - \dots - \Pi_i), \text{ para } i = 1, \dots, p-1, \quad (13a)$$

$$\Pi = -(I - \Pi_1 - \dots - \Pi_p) \quad (13b)$$

en donde la matriz  $\Gamma_i$  contiene el impacto acumulado de largo plazo, por tanto la ecuación 13 es denominada de largo plazo. También se puede formular el VECM a partir de los efectos transitorios, no obstante, las conclusiones sobre la matriz  $\Pi$  serán las mismas sin importar cual forma se analice (Pfaff, 2008).

Debido a que se asume que las variables endógenas son al menos I(1) y se está aplicando el operador de primeras diferencias ( $\Delta$ ), la expresión de la izquierda en la ecuación 13 es estacionaria. Por su parte, en la expresión de la derecha, el término  $\Pi y_{t-p}$  es el único que no contiene variables diferenciadas, por consiguiente, la matriz  $\Pi$  ofrece información sobre las relaciones entre las series. Johansen y Juselius (1990) identifican tres posibles resultados al analizar la matriz  $\Pi$ :

1.  $rk(\Pi) = K$ : la matriz  $\Pi$  tiene un rango completo, lo que indica que el vector de procesos  $X$  es estacionario.
2.  $rk(\Pi) = 0$ :  $\Pi$  es la matriz nula, por lo cual no existe combinación lineal que convierta  $\Pi y_t$  estacionaria excepto la solución trivial (aplicar diferencias), es decir, este caso corresponde al modelo VAR en primeras diferencias.
3.  $0 < rk(\Pi) = r < K$ : implica que hay matrices  $\alpha$  y  $\beta$  de tamaño  $r \times K$  tal que  $\Pi = \alpha\beta'$ . Por esta razón,  $\alpha\beta'y_{t-p}$  es estacionaria. El rango de  $\Pi$  corresponde al

---

<sup>1</sup>Se reemplaza el símbolo de los parámetros de las variables rezagadas a  $\Pi$  para ser consistente con la nomenclatura de Pfaff (2008) y Johansen y Juselius (1990).



grado de cointegración del vector de variables  $y_t$ , por su parte las columnas de  $\beta$  representan los vectores de cointegración, mientras que  $\alpha$  es la matriz de ajuste (Pfaff, 2008) y (Johansen y Juselius, 1990).

### 3.3 Programas computacionales empleados

El análisis estadístico se realizó en R (R Core Team, 2021) mediante el entorno de desarrollo integrado RStudio (RStudio Team, 2020). Para el análisis exploratorio se utilizó los paquetes *tidyverse* (Wickham *et al.*, 2019), *car* (Fox y Weisberg, 2019), *lubridate* (Grolemund y Wickham, 2011) y *ggplot2* (Wickham, 2016) para el diseño de los gráficos. Se utilizó el paquete *tsDyn* (Narzo *et al.*, 2020) en la simulación del modelo VAR para explicar el supuesto de estabilidad. Para realizar las pruebas de raíz unitaria se empleó *urca* y los modelos VAR y VECM se estimaron con el paquete *vars* (Pfaff, 2008). Para la comparación de las estimaciones, se utilizó el paquete *multMDM* (Drachal, 2018).

## 4 Resultados y análisis

A continuación se presentan los hallazgos del análisis efectuado.

### 4.1 Análisis preliminar

La muestra consta de 84 observaciones con una periodicidad trimestral que abarcan del primer trimestre del año 2000 hasta el cuarto trimestre del año 2020. Se incluyen dos variables de interés (crecimiento económico y desarrollo del sistema financiero) y cinco variables exógenas.

Con respecto a las variables de interés, el crecimiento económico, muestra bastante variabilidad, cuyo valor mínimo corresponde al segundo trimestre del 2020 y fue ocasionado por la pandemia, siendo también el menor crecimiento interanual desde el primer trimestre 1991, periodo en que se inició este registro (Banco Central de Costa Rica, 2021a).

Por su parte, la variable desarrollo del sistema financiero, representado por los créditos del sistema financiero al sector privado no financiero dividido por el Producto Interno Bruto Nominal, exhibe una tendencia creciente durante el periodo en estudio, como se observa en el gráfico 2, con dos momentos en donde el ritmo de crecimiento se ve interrumpido, el primero posterior a la crisis financiera mundial del 2008-2009 debido al “... *menor ritmo de actividad económica, la incertidumbre de los agentes económicos sobre la evolución futura de la economía así como el establecimiento de condiciones más restrictivas para la concesión de préstamos por parte de la banca comercial.*” (Banco Central de Costa Rica, 2010, p. 15). El segundo momento se observa a partir del 2017, en donde el crecimiento de la serie se frena para luego decrecer durante el 2019. Este comportamiento es explicado por el bajo dinamismo de la producción, aumentos de las tasas de interés activas aunado a esfuerzos del Banco Central de Costa Rica para disminuir el nivel de dolarización financiera que afectó la colocación de préstamos en moneda extranjera, especialmente en el primer semestre del 2019 (Banco Central de Costa Rica, 2020).

El coeficiente de correlación entre el crecimiento económico y desarrollo del sistema financiero es -0.35, lo que indica un nivel de asociación inversa y de moderada magnitud entre las variables, que contradice la tesis de relación alta y positiva entre crecimiento económico y desarrollo del sistema financiero, no obstante, esbozar conclusiones a partir de una relación bivariada puede inducir a error, debido a los factores externos que se ignoran.

Adicionalmente, en el gráfico 9 que muestra la relación entre las variables de interés, se observan dos comportamientos antagónicos, por un lado, para periodos antes del 2008 (puntos verdes en el gráfico), la asociación con el crecimiento económico es positiva (0.70). Es importante destacar que esto coincide con los años previos a la crisis financiera, en donde la economía nacional experimentó estabilidad y un crecimiento acelerado en la profundización financiera (ver gráficos 1 y 2). En contraste, para los periodos posteriores al 2008 (puntos rojos) el coeficiente de correlación es -0.36 entre ambas variables.

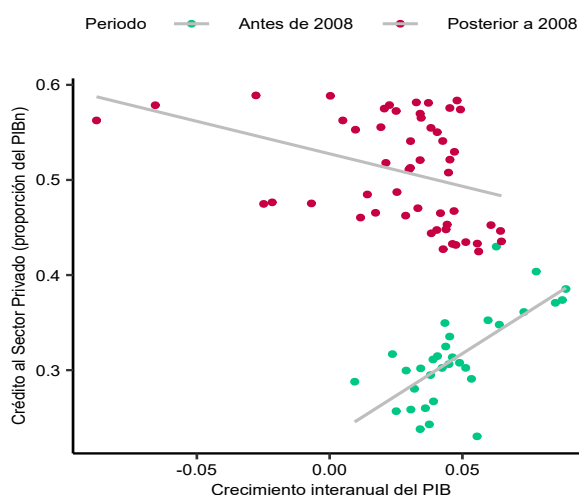


Figura 9: Desarrollo del Sistema Financiero vs. Crecimiento Económico

Con respecto a la asociación entre las variables endógenas y las covariables, tal y como se observa en el cuadro 2, el crecimiento económico muestra coeficientes de correlación positiva con el indicador de apertura comercial y el crecimiento económico de EUA, acorde con el modelo de desarrollo del país (Oviedo *et al.*, 2015). Por otra parte, se observa una asociación negativa y alta entre el desarrollo del sistema financiero y apertura comercial, que no tiene justificación teórica, no obstante, en los resultados de los modelos VAR y VECM el coeficiente de la apertura comercial no es estadísticamente diferente de cero.

Cuadro 2: Matriz de correlaciones

	Crec. Económico	Des. S.F.	Apert. Com.	Crec. EUA	Inflación	TBP	Var.TC
Crec. Económico	1.00	-0.35	0.45	0.69	0.31	0.20	-0.15
Des. S.F.	-0.35	1.00	-0.79	-0.30	-0.81	-0.91	-0.42
Apert. Com.	0.45	-0.79	1.00	0.28	0.89	0.73	0.48
Crec. EUA	0.69	-0.30	0.28	1.00	0.16	0.26	-0.04
Inflación	0.31	-0.81	0.89	0.16	1.00	0.77	0.50
TBP	0.20	-0.91	0.73	0.26	0.77	1.00	0.63
Var.TC	-0.15	-0.42	0.48	-0.04	0.50	0.63	1.00

### 4.1.1 Estacionariedad

Como menciona Pfaff (2008), en presencia de variables que requieren aplicar algún tipo de transformación para convertirlas en estacionarias, estimar un modelo lineal que obvie esta característica puede generar una regresión espuria, que se caracteriza por altos niveles en los estadísticos  $t$  y  $F$  que rechazan la hipótesis nula de que los parámetros estimados son diferentes de cero, aún cuando no existe teoría que justifique la asociación entre las variables. Por este motivo, a continuación se procede a determinar el orden de diferenciación que requieren las variables endógenas para ser estacionarias, para posteriormente identificar si las variables cointegran en el tiempo.

En los correlogramas de las dos series en niveles presentados en el gráfico 10, la correlación de los valores en el periodo  $t$  entre los distintos rezagos disminuyen lentamente, siendo este comportamiento más evidente en la variable desarrollo del sistema financiero, lo que sugiere que las series son no estacionarias en la media (Pankratz, 1983). Esto se reafirma con la prueba Dickey-Fuller aumentada (cuadro 3) debido a que los valores de los estadísticos son menores que el valor crítico a un 1%, por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula de que el parámetro  $\tau_3$  es distinto de cero, lo que implica que ambas series poseen raíz unitaria y es necesario realizar una transformación para convertirlas en estacionarias.

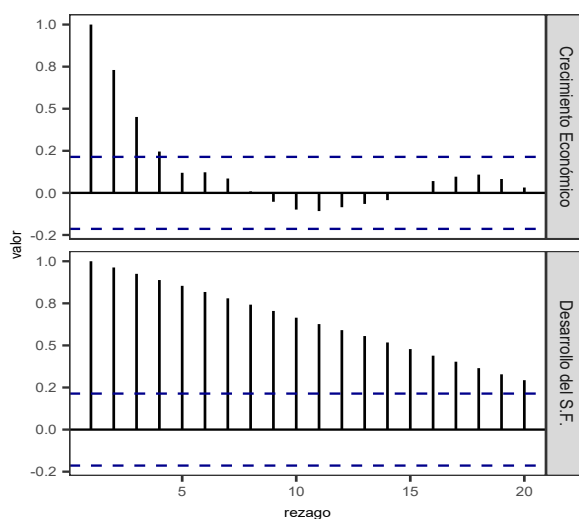


Figura 10: Correlogramas de las variables endógenas

Como se muestra en el gráfico 11, al aplicar primeras diferencias a las series en discusión, las correlaciones entre el periodo  $t_1$  con los distintos rezagos, caen rápidamente a cero, en el caso de la serie crecimiento económico, esto sucede a partir del segundo rezago, mientras que en la variable desarrollo del sistema financiero ocurre a partir del tercero, lo cual indica

Cuadro 3: Prueba Dickey-Fuller de las series en niveles

Parámetro	Estadístico	Valores Críticos		
		1pct	5pct	10pct
Crecimiento Económico				
$\tau_3$	-3.50	-4.04	-3.45	-3.15
$\phi_2$	4.32	6.50	4.88	4.16
$\phi_3$	6.39	8.73	6.49	5.47
Desarrollo del S.F.				
$\tau_3$	-2.36	-4.04	-3.45	-3.15
$\phi_2$	4.43	6.50	4.88	4.16
$\phi_3$	2.97	8.73	6.49	5.47

que las series en primeras diferencias son estacionarias. Sumado a la evidencia gráfica, mediante la prueba Dickey-Fuller aumentada (cuadro 4) se rechaza la hipótesis nula de que  $\tau_2$  es distinto de cero, por lo se concluye que el orden de integración de las dos series es 1.

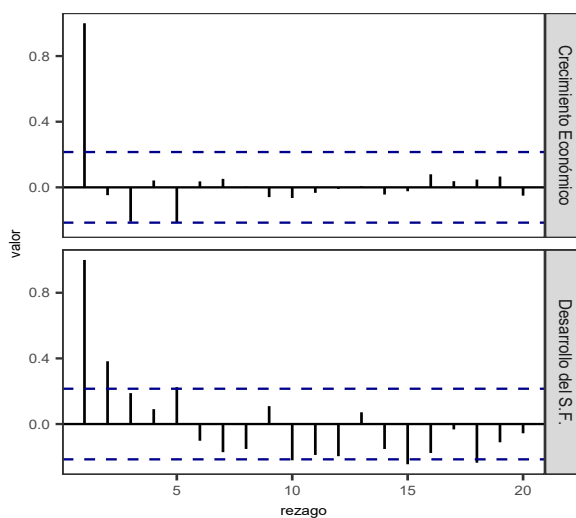


Figura 11: Correlogramas de las variables endógenas en primeras diferencias

Cuadro 4: Prueba Dickey-Fuller de las series en primeras diferencias

Parámetro	Estadístico	Valores Críticos		
		1pct	5pct	10pct
Crecimiento Económico				
$\tau_2$	-7.75	-3.51	-2.89	-2.58
$\phi_1$	30.06	6.70	4.71	3.86
Desarrollo del S.F.				
$\tau_2$	-4.59	-3.51	-2.89	-2.58
$\phi_1$	10.55	6.70	4.71	3.86

### 4.1.2 Cointegración

Tomando como referencia Johansen y Juselius (1992), para analizar la cointegración se estiman dos modelos, uno incluyendo únicamente las variables endógenas (ecuación 14) y el otro agregando las variables exógenas (ecuación 15). Las siguientes ecuaciones representan las dos formas analizadas:

$$\Delta Y_t = \Gamma_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta Y_{t-k+1} + \Pi Y_{t-k} + \mu + \epsilon_t \quad (14)$$

$$\Delta Y_t = \Gamma_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta Y_{t-k+1} + \Pi Y_{t-k} + \mu + \Omega X_t + \epsilon_t \quad (15)$$

en donde  $(Y_{1t}, Y_{2t})$  son las variables endógenas y corresponden a  $Y_{1t} = \text{crec. econ.}$  y  $Y_{2t} = \text{des.sf.}$  Por su parte,  $k = 5$  y corresponde al orden del modelo. El modelo 15 incluye un parámetro adicional  $\Omega$  para las variables exógenas, en donde  $X_t = [\text{apertura comercial, crec. del PIB de EUA, inflación, tbp y variación interanual del tipo de cambio}]$ . La hipótesis que se busca rechazar es que el rango de la matriz  $\Pi$  es distinto de cero.

Como se exhibe en el cuadro 5, para el modelo incluyendo únicamente variables endógenas, no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que el rango de la matriz  $\Pi$  es cero, puesto que el valor del estadístico es menor a los valores críticos, lo que sugiere que las variables no cointegran. No obstante, al incluir las covariables, el valor del estadístico en la  $H_0 : rk(\Pi) = 0$  es 47.57, por lo cual existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, con un nivel de significancia de 1%. Con base en estos resultados empíricos y al modelo de desarrollo de Costa Rica, se respaldan la inclusión de las covariables. Es decir, las variables endógenas cointegran al asumir los efectos fijos de las variables exógenas.

Cuadro 5: Rango de cointegración: Estadístico de auto-valor máximo

Hipótesis	Estadístico		Valores Críticos		
	Modelo 14	Modelo 15	10pct	5pct	1pct
$r \leq 1$	3.58	10.94	6.50	8.18	11.65
$r = 0$	7.72	47.57	12.91	14.90	19.19

Dicha conclusión también sugiere al menos dos posibilidades para abordar el problema de investigación: 1) estimar un modelo VAR con las variables endógenas sin diferenciar y la inclusión de variables exógenas. Aunque las variables endógenas son no estacionarias de

orden 0, los residuales del modelo son  $I(0)$ , esto se aborda en profundidad en la sección siguiente. La otra opción es 2) estimar un modelo de corrección de error vectorial con variables exógenas. Como se verá en las secciones siguientes ambos modelos cumplen con las condiciones, por lo cual, posterior a la presentación de los modelos se discuten los resultados y se define un modelo para la sección de simulaciones.

## 4.2 Modelo VAR

El modelo VAR que se estimó incluye 4 rezagos de las variables endógenas tomando como referencia el criterio de Akaike, cinco variables exógenas, la constante y tendencia como variable determinística y variables dicotómicas para capturar estacionalidad, los resultados del modelo se muestran en el cuadro 6. Esto se detalla en la siguiente ecuación:

$$y_{1t} = \pi_0 + \sum_{i=1}^4 \beta_{1i} y_{1t-i} + \sum_{i=1}^4 \beta_{2i} y_{2t-i} + X_t B_1 + \Phi_1 D_t + S_t T_1 + \epsilon_{1t} \quad (16a)$$

$$y_{2t} = \psi_0 + \sum_{i=1}^4 \beta_{1i} y_{1t-i} + \sum_{i=1}^4 \beta_{2i} y_{2t-i} + X_t B_2 + \Phi_2 D_t + S_t T_2 + \epsilon_{2t} \quad (16b)$$

en donde  $y_{1t}$  es el crecimiento económico,  $y_{2t}$  es el desarrollo del sistema financiero,  $\pi_0$  y  $\psi_0$  son constantes,  $X_t$  es la matriz de covariables,  $D_t$  es la tendencia,  $S_t$  es una matriz de variables dicotómicas para capturar estacionalidad,  $\epsilon_{1t}$  y  $\epsilon_{2t}$  son procesos ruido blanco.

### 4.2.1 Pruebas de diagnóstico

El cuadro 7 muestra que el modelo estimado cumple satisfactoriamente todas las condiciones. La prueba de Portmanteau indica que no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de que la autocorrelación de los residuos es distinta de cero. De igual manera, en los correlogramas de los residuos del modelo VAR (gráfico 12) se observa que la mayoría de correlaciones seriales hasta el rezago 16 se encuentran debajo del intervalo de confianza de un 95%. Asimismo, en el gráfico de correlación cruzada de los residuos del modelo (figura 13), se llegan a las mismas conclusiones. Por tanto, se cuenta con pruebas estadísticas y evidencia gráfica para concluir que los residuos del modelo no tienen correlación serial.

Cuadro 6: Coeficientes estimados del modelo VAR(4)

Variable	$y_{1,t}$	$y_{2,t}$
$y_{1,t-1}$	0.324 (3.77) ***	0.047 (1.04)
$y_{2,t-1}$	-0.055 (-0.22)	1.15 (8.83) ***
$y_{1,t-2}$	-0.037 (-0.4)	0.035 (0.7)
$y_{2,t-2}$	0.577 (1.53)	-0.235 (-1.18)
$y_{1,t-3}$	0.232 (2.1) *	0.085 (1.46)
$y_{2,t-3}$	0.23 (0.61)	0.019 (0.1)
$y_{1,t-4}$	-0.337 (-3.26) **	0.001 (0.02)
$y_{2,t-4}$	-0.676 (-2.77) **	-0.056 (-0.44)
const	-0.055 (-1.62)	0.041 (2.29) *
trend	-0.001 (-3.07) **	0 (2.36) *
apert_comercial	0.157 (5.01) ***	-0.004 (-0.23)
cpib.usa	0.585 (7.53) ***	-0.071 (-1.74)
inflacion	-0.306 (-3.93) ***	-0.019 (-0.46)
tbp	-0.002 (-1.57)	-0.001 (-2.08) *
vartc	-0.141 (-3.19) **	0.042 (1.8)
est.d2	-0.006 (-1.3)	0.008 (2.95) **
est.d3	0.001 (0.12)	0.009 (4.08) ***
est.d4	0.011 (2.76) **	0.012 (5.83) ***

*Notas:*

Códigos de significancia: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1  
Estadístico t en paréntesis

Cuadro 7: Pruebas de diagnóstico del VAR

Prueba	Estadístico	Valor p
Portmanteau	50.60	0.37
ARCH	31.04	0.94
Jarque-Bera	2.44	0.66

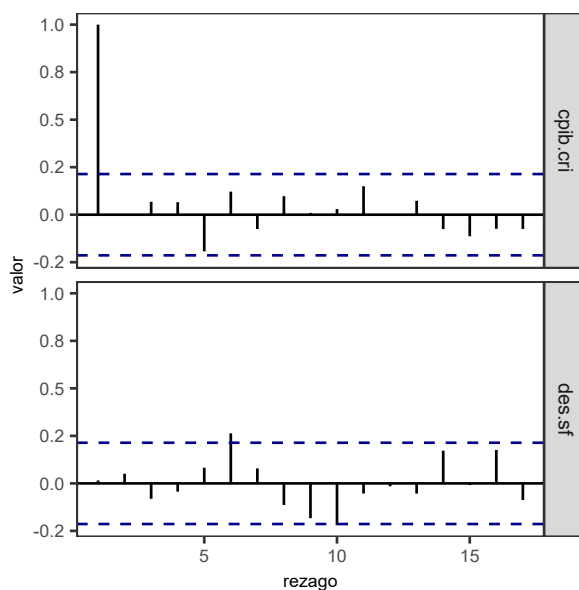


Figura 12: Correlogramas de los residuos del modelo VAR



Por su parte, con el resultado de la prueba Arch se demuestra que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los residuos son homocedásticos, tomando como referencia un valor de significancia de 5%. Con respecto a la normalidad de los residuos, tomando como referencia la prueba Jarque-Bera y el gráfico 14, se concluye que siguen una distribución normal.

Finalmente, como se presenta en el cuadro 8 el módulo de los coeficientes estimados del modelo var son menores a 1, lo que indica que el modelo es estable y por tanto es estacionario.

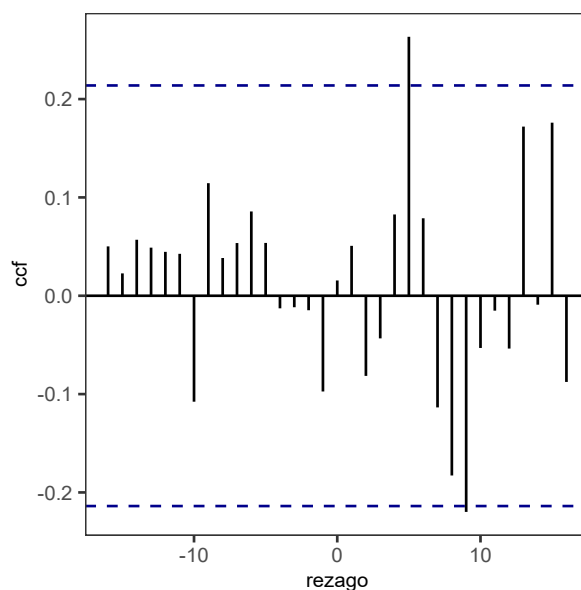


Figura 13: Correlación cruzada de los residuos del modelo VAR

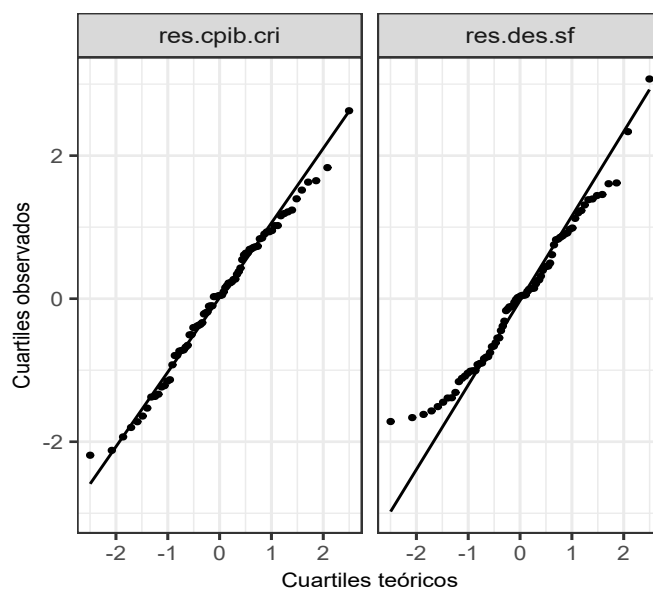


Figura 14: Q-Q de los residuos del modelo VAR

Cuadro 8: Módulo de los valores propios de los coeficientes del Modelo VAR (4)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Valores propios	0.88	0.88	0.8	0.8	0.74	0.74	0.27	0.27

#### 4.2.2 Discusión e interpretación del VAR

En el contexto de modelos VAR, se puede comprobar mediante una prueba  $F$  la hipótesis nula si los coeficientes de una variable rezagada  $x_t$  en conjunto son iguales a cero en la ecuación de otra variable  $y_t$ . En caso de rechazar dicha hipótesis, se dice que la variable  $x_t$  causa a  $y_t$  en el sentido de Granger (Pfaff, 2008). Los resultados de esta prueba para el caso particular se presentan en el cuadro 9, en donde se demuestra que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que los parámetros de la variable crecimiento económico son iguales a cero en la ecuación de desarrollo del sistema financiero, con un nivel de significancia de 5%, por lo cual se afirma que el crecimiento económico causa en el sentido de Granger al desarrollo del sistema financiero. Se comprueba de igual manera, que el desarrollo del sistema financiero causa en el sentido de Granger al crecimiento económico, con un nivel de significancia de 5%.

En el cuadro 9 también se presenta el resultado de la prueba Wald para analizar la ausencia de correlación entre los procesos de error de las variables de causa y efecto (Pfaff, 2008), en este caso, no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

Cuadro 9: Pruebas de Causalidad

Prueba	Estadístico	Valor p
D.S.F causa en el sentido de Granger a C.E.	5.650	0.000
C.E. causa en el sentido de Granger a D.S.F	3.205	0.015
Wald	0.019	0.889

*Notas:*

C.E. = Crecimiento económico

D.S.F. = Desarrollo del Sistema Financiero

En línea con lo mencionado previamente, en la figura 15 se observa que el impacto en el crecimiento económico al aplicar un aumento de una unidad en la variable desarrollo del sistema financiero, es estadísticamente distinto de cero, ya que en el intervalo de confianza a un 95% (línea gris punteada) no incluye el eje cero en el periodo  $t + 3$ , siendo el impacto en el crecimiento económico de 0.006.

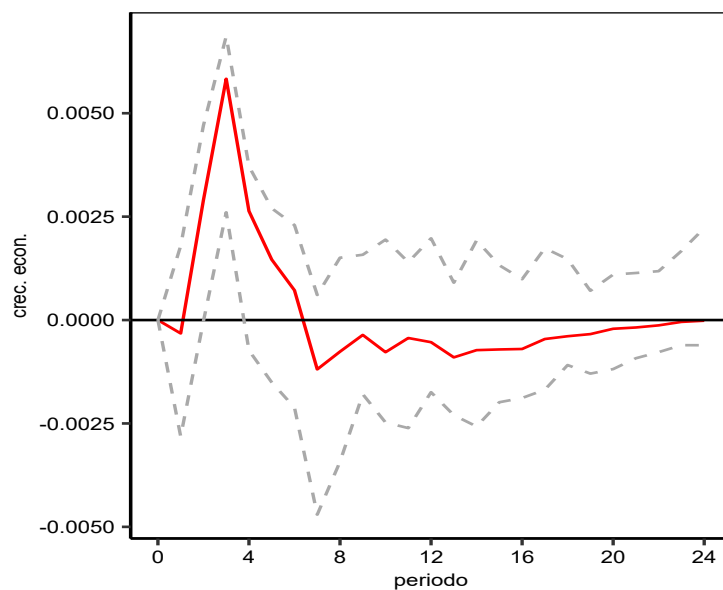


Figura 15: Impacto en el crec. econ a un impulso en el des. s.f.(utilizando el VAR (4) ajustado y los intervalos fueron obtenidos mediante bootstrap de 100 corridas)

Análogamente, al aplicar un impulso a la variable crecimiento económico (figura 16), el desarrollo del sistema financiero incrementa, siendo estadísticamente diferente de cero del periodo 4 al 7 inclusive. Estos dos resultados coinciden con la prueba estadísticamente significativa de el cuadro 9.

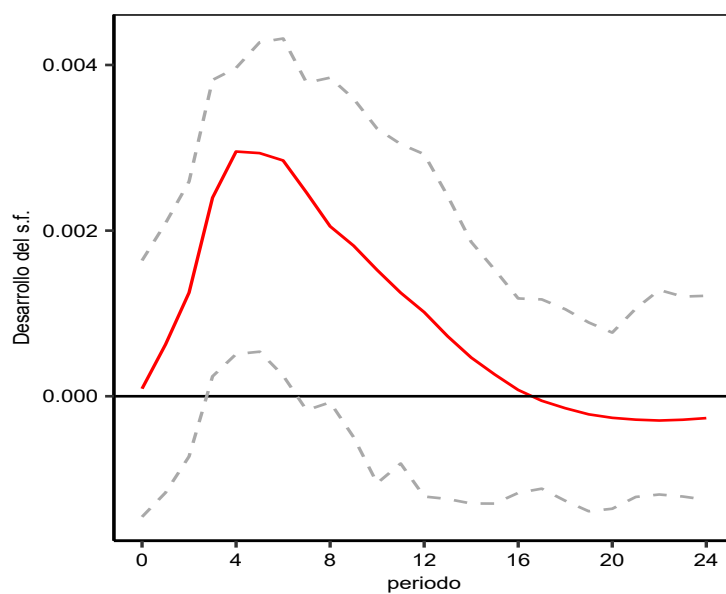


Figura 16: Impacto en el des. s.f. a un impulso del crec. econ. (utilizando el VAR (4) ajustado y los intervalos fueron obtenidos mediante bootstrap de 100 corridas)

### 4.3 VECM

Una vez confirmada la cointegración entre las variables de interés, se procedió a estimar el modelo representado en la ecuación 17.

$$\Delta y_{1t} = \psi_0 + \text{ect}1_1 \hat{z}_{t-1} + \sum_{i=1}^5 \psi_{1,i} \Delta y_{1t-i} + \sum_{i=1}^5 \psi_{2,i} \Delta y_{2t-i} + \beta_1 \Delta X_i + \gamma_1 T_i + \alpha_1 S_i + \epsilon_{1,t} \quad (17a)$$

$$\Delta y_{2t} = \xi_0 + \text{ect}1_2 \hat{z}_{t-1} + \sum_{i=1}^5 \xi_{1,i} \Delta y_{1t-i} + \sum_{i=1}^5 \xi_{2,i} \Delta y_{2t-i} + \beta_2 \Delta X_i + \gamma_2 T_i + \alpha_2 S_i + \epsilon_{2,t} \quad (17b)$$

en donde  $\text{ect}1_i$  es el término de corrección de error,  $\psi_i$  y  $\xi_i$  son los parámetros de las variables endógenas en primeras diferencias,  $\beta_i$  corresponden a los parámetros de las variables exógenas diferenciadas,  $\gamma_i$  es el parámetro de la tendencia  $\alpha_i$  es un vector de parámetros de las variables que capturan la estacionalidad y  $\epsilon_i$  son los términos de error.

Los parámetros ajustados se muestran a continuación:

Cuadro 10: Coeficientes estimados del modelo VECM

Variable	$\Delta y_{1,t}$	$\Delta y_{2,t}$
ect1	-0.659 (-5.78) ***	0.233 (3.65) ***
constant	-0.035 (-1.08)	0.012 (0.65)
apert_comercial	0.149 (4.7) ***	-0.004 (-0.25)
cpib.usa	0.609 (7.77) ***	-0.064 (-1.46)
inflacion	-0.319 (-4.08) ***	-0.026 (-0.6)
tbp	-0.001 (-1.12)	-0.001 (-1.35)
vartc	-0.136 (-3.06) **	0.046 (1.86).
est.d2	-0.004 (-0.81)	0.009 (3.2) **
est.d3	0.001 (0.27)	0.011 (4.11) ***
est.d4	0.01 (2.06) *	0.012 (4.39) ***
tendencia	-0.001 (-5.49) ***	0 (0.93)
$\Delta y_{1,t-1}$	-0.64 (-7.25) ***	0.067 (1.35)
$\Delta y_{2,t-1}$	0.058 (0.24)	0.221 (1.63)
$\Delta y_{1,t-2}$	-0.708 (-8.52) ***	0.089 (1.92).
$\Delta y_{2,t-2}$	0.44 (1.74).	-0.077 (-0.54)
$\Delta y_{1,t-3}$	-0.464 (-4.6) ***	0.2 (3.54) ***
$\Delta y_{2,t-3}$	0.642 (2.49) *	-0.122 (-0.84)
$\Delta y_{1,t-4}$	-0.868 (-7.41) ***	0.2 (3.05) **
$\Delta y_{2,t-4}$	0.027 (0.13)	-0.093 (-0.78)

Notas:

Códigos de significancia: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1

Estadístico t en paréntesis

A continuación se interpretan los resultados de la matriz  $\Pi = \alpha\beta'$ , que definen el rango y los vectores de cointegración y la velocidad del ajuste.

Las columnas de la matriz  $\beta$  se analizan de forma independiente ya que cada una representa vectores de cointegración, y por consiguiente, las relaciones a largo plazo entre las variables (Pfaff, 2008). Debido a que se detectó una relación de cointegración (ver cuadro 5) solamente se interpretan las primeras columnas de las matrices. En este sentido, la relación a largo plazo de las series es descrita por la ecuación  $y_{1,t-p} = 0.2182 * y_{2,t-p}$ , y donde se observa que la asociación entre las series en estudio tienen el signo esperado.

Cuadro 11: Matriz de cointegración ( $\beta$ )

	$y_{1,t-p}$	$y_{2,t-p}$
$y_{1,t-p}$	1.0000000	1.000000
$y_{2,t-p}$	-0.2181887	1.522658

De igual manera, los valores de la matriz  $\alpha$  son la velocidad del ajuste hacia un equilibrio de largo plazo. En este caso, la primera columna corresponde a los coeficientes de corrección de error (ect1) del modelo mostrado en el cuadro 10.

Cuadro 12: Matriz de cargas ( $\alpha$ )

	$y_{1,t-p}$	$y_{2,t-p}$
$\Delta y_{1,t-p}$	-0.6588009	-0.0667808
$\Delta y_{2,t-p}$	0.2330285	-0.0559835

#### 4.3.1 Pruebas de diagnóstico

Adicional a la interpretación de las relaciones de cointegración, el VECM también se puede expresar en un modelo VAR en niveles, con el fin de aplicar las pruebas de diagnóstico y para interpretar los resultados. En este sentido, el modelo cumple con todas las condiciones, tal y como se muestra en el cuadro 13. con base en la prueba Portmanteau, el modelo no presenta correlación serial, lo cual se respalda con el gráfico de correlogramas (17).

Cuadro 13: Pruebas de diagnóstico del VECM

Prueba	Estadístico	Valor p
Portmanteau	50.99	0.28
ARCH	41.84	0.61
Jarque-Bera	2.17	0.70

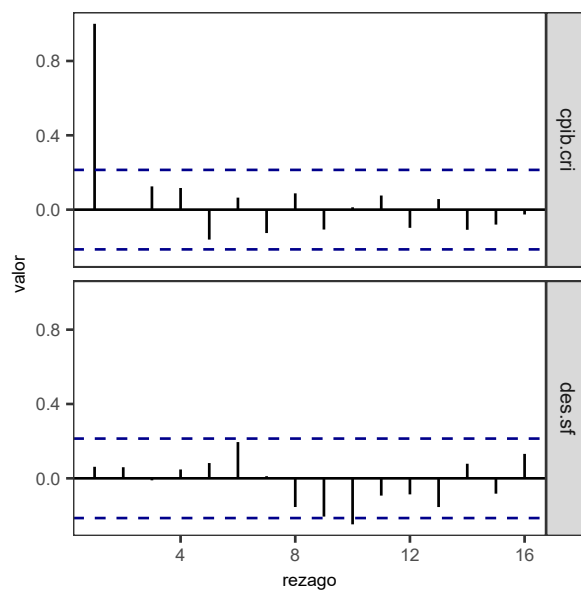


Figura 17: Correlogramas de los residuos del VECM

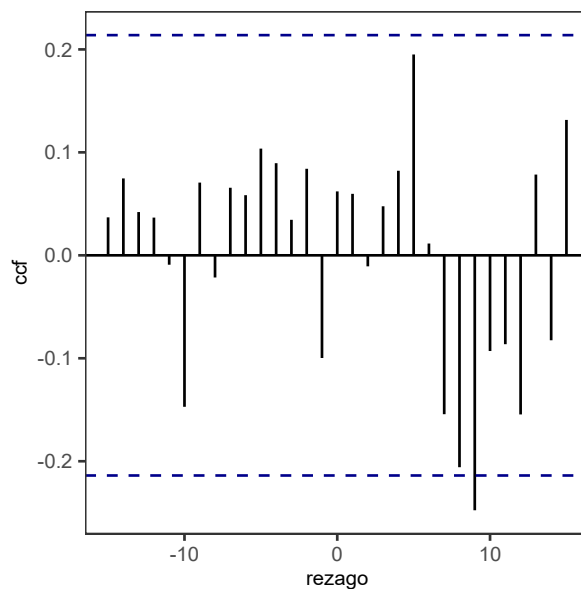


Figura 18: Correlación cruzada de los residuos del VECM

Mediante la prueba Arch, también se demuestra que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los residuos son homocedásticos, usando un nivel de

significancia de 5%. Finalmente, la prueba Jarque-Bera indica que no existe evidencia empírica para rechazar la hipótesis nula de que los residuos no siguen una distribución normal, utilizando un nivel de significancia de 5%. Lo anterior se confirma con el gráfico 19.

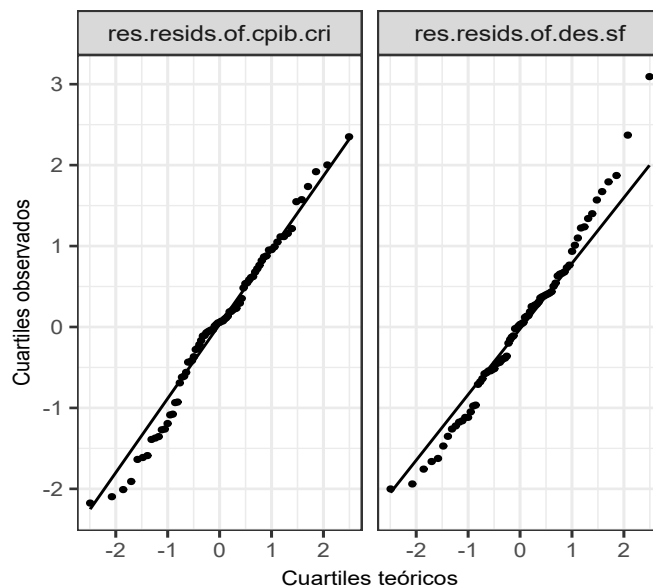


Figura 19: Q-Q de los residuos del VECM

#### 4.3.2 Discusión e interpretación del VECM

En la figura 20 se observa que el impacto en el crecimiento económico es positivo, al aumentar en una unidad el desarrollo del sistema financiero, y resulta estadísticamente distinto de cero en el periodo  $t + 3$ , en donde el impacto es mayor, a partir de ese punto el valor tiende a estabilizarse.

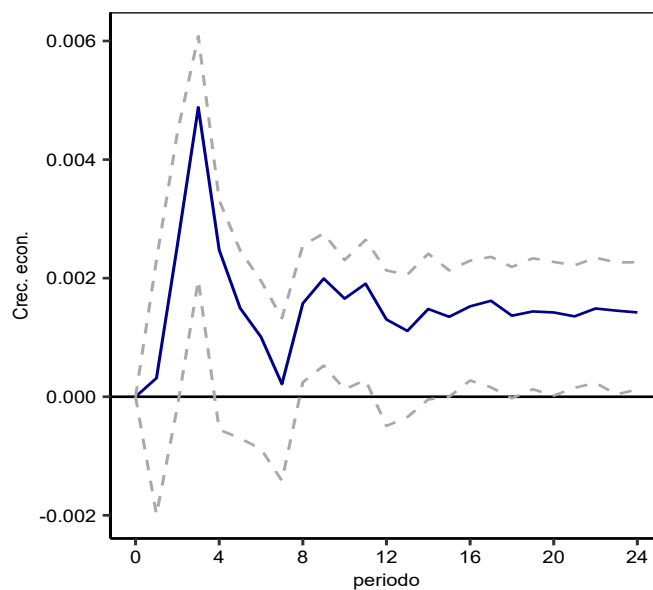


Figura 20: Impacto en el crec. econ a un impulso del des. s.f. (VECM y los intervalos fueron obtenidos mediante bootstrap de 100 corridas)

Por su parte, el efecto en el desarrollo del sistema financiero por un aumento en el crecimiento económico en una unidad (figura 21) es de igual manera positivo y estadísticamente diferente de cero a partir del periodo  $t + 4$ .

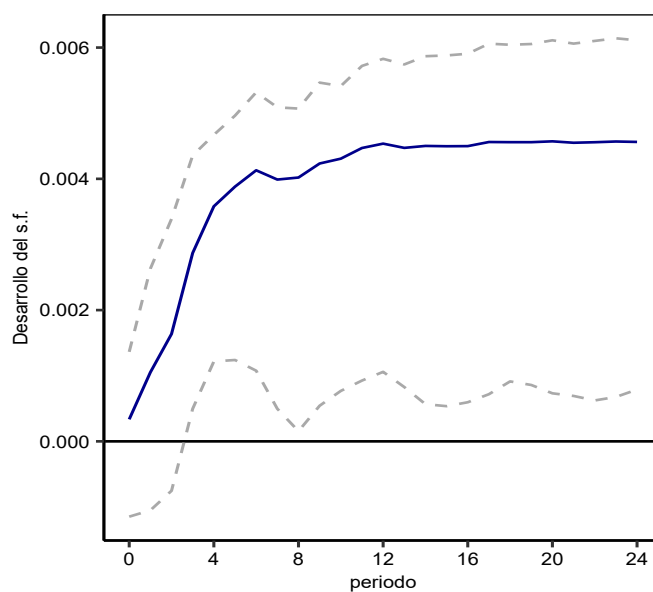


Figura 21: Impacto en el des. s.f. a un impulso del crec. econ. (VECM y los intervalos fueron obtenidos mediante bootstrap de 100 corridas)



#### 4.4 Comparación de resultados del VAR y VECM

En las secciones anteriores se presentaron dos modelos que están bien especificados, que cumplen satisfactoriamente con los supuestos, y por tanto, se pueden emplear para analizar la relación entre crecimiento económico y desarrollo del sistema financiero. Por tal motivo, se comparan las estimaciones de ambos modelos para definir cual se utiliza en la sección de simulaciones.

En virtud de lo mencionado anteriormente, en las figuras 22 y 23 se comparan los resultados de las funciones impulso-respuesta. En el gráfico de la respuesta del crecimiento económico a un impulso en el desarrollo del sistema financiero (figura 22), se observa un comportamiento similar en ambos modelos, en donde la variable respuesta exhibe un aumento en el periodo  $t + 3$ , para luego disiparse el efecto.

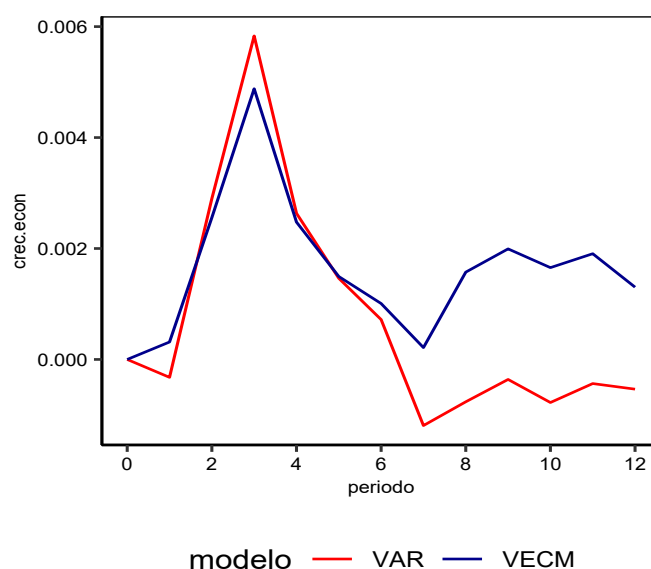


Figura 22: Impacto en *crec.econ* por impulso en *des.sf*

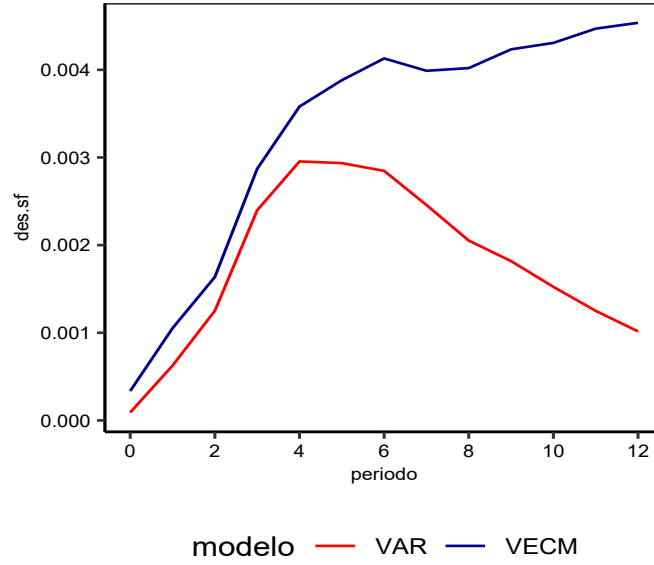


Figura 23: Impacto en des.sf por impulso en cre.econ

Por su parte, la respuesta del desarrollo del sistema financiero a un impulso del crecimiento económico, sí muestra comportamientos diferentes entre ambos modelos. Inicialmente presentan una tendencia similar hasta el periodo  $t + 4$ , con un mayor aceleración en el modelo VECM, no obstante, a partir de este punto, el efecto tiende a disiparse en el modelo VAR, mientras que en el VECM el efecto se estabiliza.

Adicionalmente se contemplaron los resultados de la prueba estadística Diebold - Mariano para comparar los resultados de las estimaciones de los modelos. El estadístico de dicha prueba se obtiene mediante la fórmula (Enders, 2015):

$$DM = \frac{\bar{d}}{\sqrt{(\gamma_0 + 2\gamma_1 + \dots + 2\gamma_q)/(H - 1)}} \quad (18)$$

en donde  $\bar{d} = \frac{1}{H} \sum_{i=1}^H [g(e_{1i}) - g(e_{2i})]$ , siendo  $g(e_{1i})$  el error del modelo 1 y  $g(e_{2i})$  el error del modelo 2, para el periodo  $i$  en ambos casos. El cuadro 14 muestra los resultados de esta prueba para las dos variables endógenas, utilizando como referencia el error cuadrático (EC). Como se observa en la primera fila, no existe evidencia estadísticamente suficiente para rechazar la hipótesis nula de que el EC del modelo VAR es mayor o igual al del VECM, por lo cual se concluye que las estimaciones del crecimiento económico son estadísticamente iguales en ambos modelos. Con respecto a la otra variable, si se toma un nivel de significancia de 10%, existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que el EC del VAR es igual o mayor al del VECM. Considerando este resultado y el análisis gráfico, se decide utilizar el VAR para el análisis de simulación.

Cuadro 14: Prueba Diebold - Mariano

H1	Estadístico	Valor p
<b>Crecimiento Económico</b>		
$EC_{\text{VAR}} < EC_{\text{VECM}}$	0.362	0.641
<b>Desarrollo del S.F.</b>		
$EC_{\text{VAR}} < EC_{\text{VECM}}$	-1.319	0.094

## 4.5 Simulaciones

La inclusión de variables exógenas en el presente estudio son útiles para estudiar las relaciones entre las variables endógenas y para efectuar la prueba de Causalidad de Granger. No obstante, en caso de utilizar este modelo para pronósticos es necesario definir valores para las covariables, ya sea por modelos econométricos adicionales (lo que agregaría mayor incertidumbre) u otros métodos. En el presente documento se optó por realizar proyecciones mediante un análisis de simulación.

En vista de lo mencionado, esta sección se divide en dos partes, en donde el primer apartado corresponde a un análisis de sensibilidad de las variables endógenas ante cambios en las variables exógenas y se comparan los resultados con respecto a un escenario base. En la segunda parte, se evalúa el comportamiento de las series bajo escenarios de estrés, por medio de simulaciones.

Las estimaciones se realizan para cuatro trimestres, debido a que la última observación que se utilizó para estimar el modelo VAR es el cuarto trimestre de 2020, los resultados de las simulaciones corresponden al año 2021. Con respecto a los resultados de crecimiento económico, puesto que el modelo estima el  $\log(y_{t+i}) - \log(y_{t-4+i})$ , donde  $i = 1, 2, 3, 4$  y se estiman los cuatro trimestres del 2021, se despejan los valores nominales del PIB, se suman y se comparan con el valor acumulado del año anterior, para obtener un crecimiento anual de la economía. Por su parte, el desarrollo del sistema financiero es una variable stock, por lo cual se analiza únicamente el valor del último trimestre de 2021.

Los pronósticos de los modelos estudiados dependen de un conjunto de covariables que toman valores desconocidos en el futuro y que varían en el tiempo. Entonces, con el fin de evaluar comparaciones de los escenarios simulados, se construyó un escenario base para el año 2021. En este sentido, se tomaron los últimos valores observados de las variables independientes al 1 de octubre de 2021 y se asumieron constantes para el resto del año, con excepción del crecimiento del PIB de EUA, que se asumió un crecimiento anual de

0.0597 para el año 2021, según proyectó el Fondo Monetario Internacional (IMF, 2021) y la apertura comercial, que se tomó el promedio de los últimos 7 años, según se detalla en el cuadro 15.

Cuadro 15: Valores de las covariables para el escenario base

Fecha	Apertura Comercial	PIB USA	Inflación	TBP	Tipo de Cambio (var. anual)
2021-03-01	0.6609	0.0055	0.0047	3.4	0.0484
2021-06-01	0.7623	0.1150	0.0191	3.2	0.0659
2021-09-01	0.6457 <sup>a</sup>	0.0569 <sup>a</sup>	0.0191 <sup>a</sup>	2.9	0.0380
2021-12-01	0.6457 <sup>a</sup>	0.0569 <sup>a</sup>	0.0191 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	0.0380 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Valores estimados

El cuadro 16 muestra las estimaciones del modelo VAR para el crecimiento económico y desarrollo del sistema financiero en 2021, con los supuestos del escenario base.

Cuadro 16: Estimaciones del modelo VAR para el escenario base

Fecha	Crecimiento Económico			Desarrollo del Sistema Financiero		
	Estimación	Lim. inferior	Lim.superior	Estimación	Lim. inferior	Lim.superior
2021-03-01	-0.01	-0.03	0.01	0.58	0.57	0.59
2021-06-01	0.10	0.08	0.12	0.56	0.55	0.58
2021-09-01	0.08	0.06	0.10	0.57	0.55	0.59
2021-12-01	0.05	0.03	0.08	0.58	0.56	0.61
2020-12-01	-0.03	-0.03	-0.03	0.59	0.59	0.59

Adicionalmente, a partir de la estimación del escenario base, se calcula el resultado anual con el fin de comparar con la proyección del Banco Central de Costa Rica (Banco Central de Costa Rica, 2021b).

Cuadro 17: Estimación anual del modelo VAR para el escenario base

Variable	Modelo VAR			
	BCCR	Estimación	Límite Inferior	Límite Superior
Crecimiento económico	0.039	0.0552	0.0314	0.079
Desarrollo del S.F.	NA	0.5810	0.5560	0.606

#### 4.5.1 Análisis de sensibilidad

El objetivo de este análisis consiste en identificar cuales variaciones en las variables exógenas, pueden ocasionar fuertes desviaciones en las estimaciones de crecimiento económico y desarrollo del sistema financiero, con respecto al escenario base. Con este fin, se propuso los siguientes pasos:

1. Se parte del escenario con los valores de las covariables descritos en el cuadro 15.
2. Tomando en cuenta los quintiles calculados de los datos históricos de cada covariable (ver cuadro 18), se generó 100 observaciones, manteniendo los valores del escenario base para las demás variables exógenas.
3. Con los datos generados para las covariables, se estiman los valores empleando el modelo VAR.

Cuadro 18: Cuantiles de las covariables

Cuantil	Apertura Comercial	PIB USA	Inflación	TBP	Tipo de Cambio (Var. Anual)
0.0	0.5821	-0.0947	-0.0109	3.45	-0.1332
0.2	0.6383	0.0129	0.0209	5.95	-0.0094
0.4	0.6774	0.0195	0.0476	7.16	0.0203
0.6	0.7727	0.0243	0.0886	9.65	0.0675
0.8	0.8614	0.0310	0.1138	15.00	0.0902
1.0	0.9444	0.0516	0.1577	17.75	0.1420

Los resultados de la simulación para el crecimiento económico se muestran en el cuadro 19 en donde cada celda representa la mediana del crecimiento anual del 2021 en cada simulación, por ejemplo, la mediana del crecimiento económico es 0.0434 para los datos generados con niveles de apertura comercial que se encuentran dentro del rango de quintiles  $[0.0, 0.20]$ , manteniendo los valores del escenario base para las demás variables.

En virtud de lo mencionado anteriormente, se denota que con valores de apertura comercial mayores al percentil 60 (que corresponde a un valor de apertura comercial de 0.7727) el crecimiento económico sobrepasaría el intervalo de confianza con los valores del escenario base. Por su parte, se observa que la estimación de crecimiento económico de Costa Rica está altamente asociada al desempeño de la economía de Estados Unidos, por tanto, valores de esta variable menores al percentil 80 ocasionarían valores de crecimiento económico en Costa Rica menores al intervalo de confianza. Esto es explicado debido a que se estima un crecimiento extraordinariamente alto en la economía estadounidense en el 2021 (IMF, 2021). Asimismo, el crecimiento económico estaría por debajo del intervalo de confianza, con valores de inflación mayores al percentil 60 y valores de tasa de interés por encima del percentil 80.

Valores del desarrollo del sistema financiero por debajo del intervalo de confianza de la estimación del modelo VAR en el escenario base, por su parte, están asociados con niveles

Cuadro 19: Medianas del crecimiento del PIB

Rango Cuantiles	Apertura Comercial	Crec. PIB USA	Inflación	Tasa de Interés	Tipo de Cambio (Var. Interanual)
0 - 0.2	0.0434	0.0000 <sup>†</sup>	0.0589	0.0507	0.0723
0.2 - 0.4	0.0517	0.0247 <sup>†</sup>	0.0466	0.0463	0.0628
0.4 - 0.6	0.0668	0.0286 <sup>†</sup>	0.0330	0.0413	0.0563
0.6 - 0.8	0.0862 <sup>*</sup>	0.0332	0.0189 <sup>†</sup>	0.0317	0.0503
0.8 - 1	0.0995 <sup>*</sup>	0.0405	0.0077 <sup>†</sup>	0.0208 <sup>†</sup>	0.0460

<sup>\*</sup> > límite superior estimación del modelo VAR en escenario base

<sup>†</sup> < límite inferior estimación del modelo VAR en escenario base

en la tasa básica pasiva mayores al percentil 40. Como es de esperar, variaciones en las otras variables no tienen asociación significativa con el desarrollo del sistema financiero.

Cuadro 20: Medianas del Sistema Financiero

Rango Cuantiles	Apertura Comercial	Crec. PIB USA	Inflación	Tasa de Interés	Tipo de Cambio (Var. Interanual)
0 - 0.2	0.5782	0.5911	0.5823	0.5720	0.5683
0.2 - 0.4	0.5804	0.5882	0.5767	0.5630	0.5759
0.4 - 0.6	0.5832	0.5875	0.5707	0.5530 <sup>†</sup>	0.5806
0.6 - 0.8	0.5868	0.5872	0.5642	0.5339 <sup>†</sup>	0.5848
0.8 - 1	0.5896	0.5865	0.5590	0.5123 <sup>†</sup>	0.5879

<sup>\*</sup> > límite superior estimación del modelo VAR en escenario base

<sup>†</sup> < límite inferior estimación del modelo VAR en escenario base

#### 4.5.2 Escenario de estrés

Continuando con lo discutido en el apartado previo, en esta sección se escoge un escenario de estrés posible dada la realidad del país y se analiza el desempeño de las variables endógenas en estas condiciones.

En esta línea, la segunda simulación se realizó con el objetivo de evaluar el impacto de los modelos bajo un escenario de crisis interna ocasionado por un deterioro de la situación fiscal, que se podría plasmar en presiones al alza en las tasas de interés locales (Banco Central de Costa Rica, 2015) e inestabilidad macroeconómica reflejada en mayor inflación y volatilidad en el tipo de cambio. Por tal motivo, se generó 100 escenarios contemplando valores mayores al percentil 80 de los datos históricos en dichas variables. Se consideran los valores del escenario base para el crecimiento del PIB de EUA y el indicador de apertura comercial.

Bajo este escenario de crisis interna, la economía experimentaría crecimientos negativos durante 3 trimestres del año, como se observa en el cuadro 21. La mediana del crecimiento

anual de las 100 simulaciones corresponde a -0.0363 para el año 2021, según se observa en el gráfico 24.

Cuadro 21: Estimaciones del crecimiento económico en el escenario estresado

Fecha	Escenario Base			Escenario Estresado
	Estimación	IC Lim. Superior	IC Lim. Inferior	Mediana de las simulaciones
2021-03-01	-0.0112	-0.0329	0.0105	-0.0779
2021-06-01	0.1007	0.0779	0.1235	0.0206
2021-09-01	0.0811	0.0575	0.1046	-0.0128
2021-12-01	0.0540	0.0271	0.0808	-0.0706

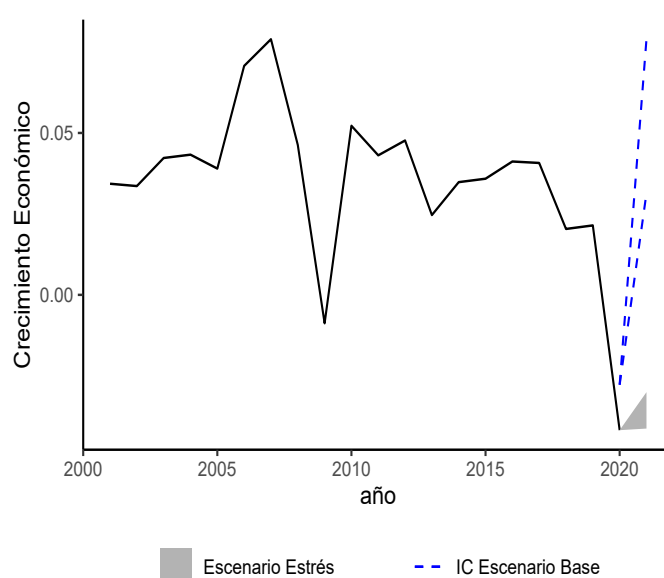


Figura 24: Crecimiento económico anual y escenario estresado para 2021

Por su parte, este escenario está asociado a un fuerte deterioro en el desempeño del sistema financiero, ya que terminaría con un nivel similar al del año 2014, lo que representa una diferencia de 835 puntos base entre la estimación puntual en el cuarto trimestre de 2021 (0.5786) y la mediana de las proyecciones puntuales de las 100 simulaciones en el escenario estresado (0.4951). Esto se puede observar en el cuadro 22 y el gráfico 25.

Cuadro 22: Estimaciones del Sistema Financiero en el escenario estresado

Fecha	Escenario Base			Escenario Estresado
	Estimación	IC Lim. Superior	IC Lim. Inferior	Mediana de las simulaciones
2021-03-01	0.5769	0.5655	0.5884	0.5634
2021-06-01	0.5647	0.5472	0.5822	0.5308
2021-09-01	0.5680	0.5463	0.5896	0.5117
2021-12-01	0.5810	0.5560	0.6060	0.4975

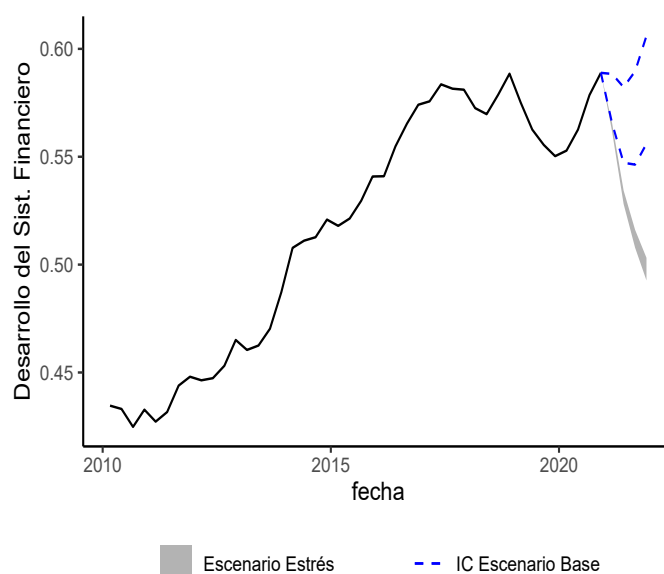


Figura 25: Desarrollo del S.F. y escenario estresado en 2021

El mismo análisis se efectuó para el 2020, con el fin de evaluar cual podría ser el impacto al combinarse una crisis por un evento externo (pandemia en este caso) y una situación de estrés a nivel interno. Análogamente al ejercicio anterior, se simularon 100 escenarios con valores para las variables TBP, inflación y variación del tipo de cambio mayores al percentil 80 de los datos históricos, por su parte, para las variables crecimiento del PIB de EUA y apertura comercial, se tomó los valores reales.

La conjunción de un shock externo y una crisis interna ocasionada por el deterioro en la situación fiscal hubiera planteado una escenario económico aún más delicado para el país, con una fuerte contracción en la producción por el orden de los dos dígitos en tres trimestres del año, según se observa en el cuadro 23. La mediana del crecimiento anual de los 100 escenarios bajo estas condiciones corresponde a una contracción 0.119 comparado a la disminución real de 0.0417 (ver gráfico 26).



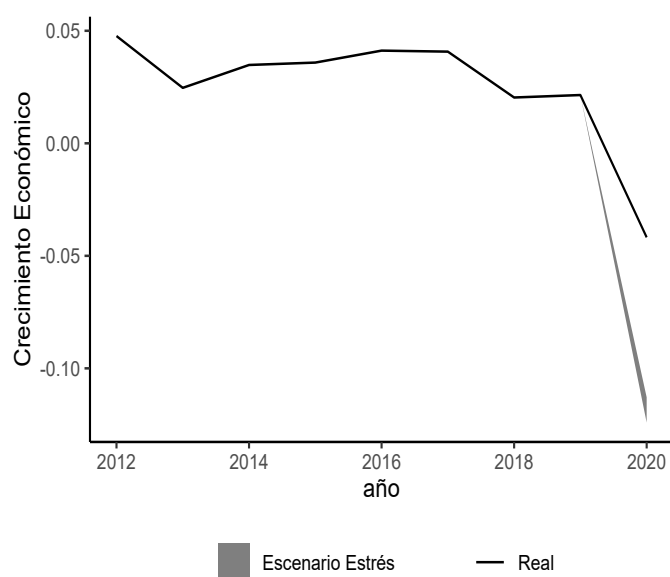


Figura 26: Crecimiento económico anual y escenario estresado para 2020

El desarrollo del sistema financiero, por su parte, hubiera finalizado el año 2020 con una disminución con respecto al dato real cercana a los 800 puntos base, según se observa en el cuadro 23.

Cuadro 23: Real vs escenario estresado para 2020

Fecha	Crecimiento Económico		Desarrollo del S.F.	
	Real	Simulaciones (Mediana)	Real	Simulaciones (Mediana)
2020-03-01	0.0097	-0.0828	0.5528	0.5637
2020-06-01	-0.0878	-0.1318	0.5626	0.5465
2020-09-01	-0.0656	-0.1192	0.5786	0.5286
2020-12-01	-0.0278	-0.1435	0.5889	0.5085

## 5 Conclusiones y recomendaciones

Estudiar el nexo entre desarrollo del sistema financiero y el crecimiento económico de Costa Rica obviando la interacción entre las variables en el tiempo y sin controlar por terceras variables, puede inducir a conjeturas erróneas. En el presente estudio, mediante modelos VAR y VECM (que contemplan valores rezagados de las variables endógenas) y adicionando variables independientes relevantes para el modelo económico del país, se demostró la presencia de este vínculo según se indica en la teoría. De igual manera, por medio del análisis de cointegración se evidenció que dicha relación no es espuria y por tanto es de largo plazo.

Con los resultados de las funciones impulso-respuesta se concluye que una innovación en una unidad en el sistema financiero provoca un crecimiento económico interanual estadísticamente significativo en el periodo  $t + 3$  entre un 0.4% y 0.6%, para luego desvanecerse. La razón de este comportamiento en un periodo, que luego desaparece en el tiempo, se explica debido a que el sistema financiero funciona como un canal para colocar recursos en actividades que generan producción, por lo cual no es en sí mismo un fin para generar crecimiento económico.

Por consiguiente, el objetivo de política no debería ir enfocado específicamente a aumentar el ratio créditos al sector privado en relación al PIB nominal, sino más bien, tiene que ir dirigida a mejorar la competitividad del sistema financiero, para que con un nivel de créditos dado se genere mayor crecimiento económico. En este sentido, el presente estudio se podría ampliar con la inclusión de determinantes del desarrollo del sistema financiero (por ejemplo el margen de intermediación financiero o el grado de concentración de mercado) con el fin de aportar evidencia empírica que permita estimar el potencial impacto de medidas orientadas a modernizar el sistema financiero.

Aunado a la no inclusión de determinantes del desarrollo del sistema financiero dentro del análisis, el presente trabajo también cuenta con la limitación de no incorporar los beneficios (o ¿prejuicios?) obtenidos por la sociedad al desarrollarse el sistema financiero, en lugar de enfocar el estudio únicamente al nexo con el crecimiento económico, tema que es fundamental abordar debido al alto nivel de desigualdad en el país (OECD, 2021). En esta dirección, la investigación de Greenwood y Scharfstein (2013) es un buen punto de partida, ya que estudian los factores que impulsaron el crecimiento del sistema financiero

durante el periodo 1980 a 2007 además de evaluar si la sociedad se vio beneficiada por este crecimiento, para el caso de Estados Unidos.

Por otro lado, las funciones impulso-respuesta en el desarrollo del sistema financiero al aplicar un shock en el crecimiento económico, demuestran un impacto estadísticamente significativo, no obstante, los resultados entre el modelo VAR y el VECM discrepan, puesto que en el primero el efecto resulta transitorio, mientras que en el segundo el impacto se mantiene a lo largo del tiempo. De igual manera, la prueba de causalidad de Granger también aporta evidencia sobre la relación de causalidad (en el sentido de Granger) bidireccional entre las variables, situación que se había observado en otros países (ver Liu y Calderón (2002)).

En el contexto económico actual caracterizado por la alta incertidumbre y agudizado por la aparición de un factor externo como lo es la pandemia, resulta aún más fundamental contar con herramientas que permitan diseñar distintos escenarios y que sirvan de apoyo para la toma de decisiones. Por ello, en la parte final del análisis se realizó un ejercicio de simulación en donde se identificó que gran parte del desempeño económico del país durante el presente año va a estar asociado a la evolución de la economía estadounidense. De igual manera, con base en los resultados de la simulación, se concluye que un recrudecimiento de la situación fiscal de Costa Rica en 2021 hubiera comprometido la recuperación económica que se espera para el presente año.

## 6 Bibliografía

- Aghion, P., Bacchetta, P., y Banerjee, A. (2004). Financial development and the instability of open economies. *Journal of Monetary Economics*, 51(6):1077–1106.
- Arestis, P., Luintel, A. D., y Luintel, K. B. (2010). Financial structure and economic growth: Evidence from time series analyses. *Applied Financial Economics*, 20(19):1479–1492.
- Banco Central de Costa Rica (2010). Programa macroeconómico 2010-11. Technical report, Banco Central de Costa Rica.
- Banco Central de Costa Rica (2015). Acta de la sesión 5703-2015.
- Banco Central de Costa Rica (2020). Revisión Programa Macroeconómico 2019-2020. Technical Report 1, Banco Central de Costa Rica.
- Banco Central de Costa Rica (2021a). Programa Macroeconómico 2021/2022. Technical report, Banco Central de Costa Rica.
- Banco Central de Costa Rica (2021b). Revisión del programa macroeconómico 2021/2022. Technical report, Banco Central de Costa Rica, San Jose.
- Beck, T., Levine, R., y Loayza, N. (2000). Finance and the sources of growth. *Journal of Financial Economics*, 58(1-2):261–300.
- Blanco, L. (2013). Finance, growth, and institutions in Latin America: What are the links? *Latin American Journal of Economics*, 50(2):179–208.
- Castro, A. y Serrano, A. (2013). Margen de intermediación financiera y poder de mercado: El caso de Costa Rica.
- Chortareas, G., Magkonis, G., Moschos, D., y Panagiotidis, T. (2015). Financial Development and Economic Activity in Advanced and Developing Open Economies: Evidence from Panel Cointegration. *Review of Development Economics*, 19(1):163–177.
- Drachal, K. (2018). *multMDM: Multivariate version of the Diebold-Mariano test*.
- Enders, W. (2015). *Applied Econometric Time Series*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, fourth edición.

- Engle, R. F. y Granger, C. (1987). Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 55(2):251–276.
- Fox, J. y Weisberg, S. (2019). *An R Companion to Applied Regression*. Sage, Thousand Oaks CA, third edición.
- Granger, C. J. W. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3):424–438.
- Greenwood, R. y Scharfstein, D. (2013). The Growth of Finance. *Economic Perspectives*, 27(2):3–28.
- Grolemund, G. y Wickham, H. (2011). Dates and times made easy with lubridate. *Journal of Statistical Software*, 40(3):1–25.
- IMF (2021). World Economic Outlook 2021. Technical Report October, International Monetary Fund.
- Johansen, S. y Juselius, K. (1990). Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration — With Applications To the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2):169–210.
- Johansen, S. y Juselius, K. (1992). Testing structural hypotheses in a multivariate cointegration analysis of the PPP and the UIP for UK. *Journal of Econometrics*, 53(1-3):211–244.
- Levine, R. (1997). Financial Development and Economic Growth: Views and Agenda. *Journal of Economic Literature*, 35(2):688–726.
- Levine, R., Loayza, N., y Thorsten, B. (2000). Financial intermediation and growth: Causality and causes without outliers. *Journal of Monetary Economics*, 46(1):31–77.
- Liu, L. y Calderón, C. (2002). The direction of causality between financial development and economic growth.
- Loayza, N., Ouazad, A., y Rancière, R. (2017). Financial development, growth, and crisis: Is there a trade-off?
- Loría Sagot, M. (2013). El sistema financiero costarricense en los últimos 25 años: Estructura y Desempeño.

- Lütkepohl, H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer, Berlin.
- Mulaik, S. A. (2009). *Linear causal modeling with structural equations*. Chapman & Hall/CRC, Florida.
- Narzo, A. F. D., Aznarte, J. L., Stigler, M., y Tsung-wu, H. (2020). *tsDyn: Nonlinear Time Series Models with Regime Switching*. R package version 10-1.2.
- OECD (2021). Income inequality (indicator).
- Oviedo, A. M., Sanchez, S. M., Lindert, K. A., y Lopez, J. H. (2015). El Modelo de Desarrollo de Costa Rica De Bueno a Excelente Diagnóstico Sistemático de País.
- Pankratz, A. (1983). *Forecasting With Univariate Box- Jenkins Models*. John Wiley & Sons.
- Pfaff, B. (2008). *Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series with R*. Springer, New York.
- R Core Team (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RStudio Team (2020). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. RStudio, PBC., Boston, MA.
- Salas-Alvarado, A., Mora, J. C., y Agüero Rodríguez, O. E. (2015). Una Mirada a la competitividad del Sistema Bancario Nacional Costarricense a través del Indicador de Boone 2008-2013. *Revista de Ciencias Económicas*, 33(2):67.
- Swamy, V. y Dharani, M. (2018). An alternate approach in exploring the causal link between financial development and economic growth—Evidence from advanced economies. *International Journal of Finance and Economics*, 23(1):55–76.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François, R., Grolemond, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., Takahashi, K., Vaughan, D., Wilke, C., Woo, K., y Yutani, H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43):1686.

Yong, M. (2007). Competencia y regulación en la banca. El caso de Costa Rica.