Temporal Asymmetries in the Relationship between Financial Development and Economic Growth in Honduras

Marlon Chávez Chávez[1]; Roldan Villela[2]
[1,2] *Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, Honduras,* marlon.chavez@unitec.edu, roldan.villela@unitec.edu

Abstract– ***This study examines the dynamic relationship between financial development and economic growth in Honduras using a multiresolution approach based on the Continuous Wavelet Transform (CWT) and Wavelet Coherence (WTC). Using quarterly GDP and private sector credit data (2004–2024) and a robust methodological design, including ADF/KPSS tests, Hodrick–Prescott filtering, Monte Carlo simulations, and subsample analysis, the study demonstrates that the credit-GDP interaction is multiscale, dynamic, and asymmetric. In the short term, credit drives economic activity; in the medium term, both variables show structural synchrony; and in the long term, crises (2008–2009, 2020) generate disruptions and shifts in leadership. The results confirm the general and specific hypotheses, demonstrating that in small, open economies, the intensity of this interaction varies according to the time horizon. It is concluded that credit to the private sector should be monitored as a leading variable and that the wavelet approach offers an innovative methodological tool for understanding time asymmetries and guiding countercyclical policies in Honduras.***

Keywords: Private sector credit, GDP, Wavelet, Honduras, Time asymmetries.

Asimetrías Temporales en la Relación entre Desarrollo Financiero y Crecimiento Económico en Honduras

Marlon Chávez Chávez[1]; Roldan Villela[2]
[1,2] *Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, Honduras,* marlon.chavez@unitec.edu, roldan.villela@unitec.edu

Resumen– ***Este estudio examina la relación dinámica entre desarrollo financiero y crecimiento económico en Honduras mediante un enfoque multirresolución basado en la Transformada Wavelet Continua (CWT) y la Coherencia Wavelet (WTC). Con datos trimestrales del PIB y del crédito al sector privado (2004–2024) y un diseño metodológico que incluye pruebas ADF/KPSS, filtro Hodrick–Prescott, simulaciones Monte Carlo y análisis de submuestras, se evidencia que la interacción crédito–PIB es multiescalar, dinámica y asimétrica. En el corto plazo, el crédito al sector privado lidera la actividad económica; en el mediano, ambas variables muestran sincronía estructural; y en el largo plazo, las crisis (2008–2009, 2020) generan rupturas y cambios de liderazgo. Los resultados confirman la hipótesis general y las específicas, demostrando que en economías emergentes la intensidad es variable según el horizonte temporal. Se concluye que el crédito al sector privado debe ser monitoreado como variable líder y que el enfoque wavelet ofrece una herramienta metodológica innovadora para comprender las asimetrías temporales y orientar políticas contracíclicas en Honduras.***

Palabras clave: Crédito al sector privado, PIB, Wavelet, Honduras, Asimetrías temporales.

I. INTRODUCCIÓN

A. Contexto general y relevancia

El vínculo entre desarrollo financiero y crecimiento económico ha sido objeto de amplio debate en la literatura contemporánea. La teoría sostiene que un sistema financiero sólido impulsa la actividad productiva al canalizar recursos hacia sectores dinámicos y mejorar la asignación del capital [1], [2]. Sin embargo, la evidencia empírica es heterogénea: mientras algunos estudios confirman un efecto positivo y sostenido del crédito sobre el PIB, otros señalan dinámicas de retroalimentación inversa, donde el crecimiento económico condiciona la expansión financiera [3].

Boďa, [4], estudió la proporción entre crédito privado como proxy del desarrollo financiero (en términos de profundidad) y PIB con datos anuales de 157 países, incluyendo a Honduras, durante el periodo 1993–2020, empleando modelos de regresión de panel-datos. Sus resultados muestran que el crecimiento económico reacciona negativamente al desarrollo financiero en el mediano y largo plazo, y que este efecto se intensifica una vez que la profundidad financiera supera un umbral crítico. En ese nivel, el exceso de crédito privado respecto al tamaño de la economía genera distorsiones que reducen la eficiencia del sistema financiero y limitan el crecimiento.

Esta paradoja se vuelve particularmente relevante en economías emergentes como Honduras, caracterizada por vulnerabilidades estructurales y un sistema financiero en expansión, donde comprender la naturaleza de esta relación adquiere importancia estratégica para la política económica y monetaria.

En el contexto actual de transformación digital y fortalecimiento de los ecosistemas emprendedores, el acceso al financiamiento adquiere un papel estratégico para la creación, expansión y escalamiento de actividades productivas. En economías emergentes como Honduras, la capacidad del sistema financiero para canalizar crédito hacia empresas, emprendedores e iniciativas de innovación tecnológica constituye un mecanismo fundamental para la generación de crecimiento económico sostenible. En este sentido, comprender la dinámica temporal entre crédito y actividad económica aporta evidencia relevante para el diseño de políticas orientadas al desarrollo empresarial, la inclusión financiera y la modernización productiva.

B. Brecha en la literatura, justificación y contribución del estudio

Estudios diversos se han concentrado principalmente en países desarrollados o grandes economías, dejando un vacío en el análisis de economías emergentes. Además, los enfoques tradicionales (como los modelos VAR), suelen asumir relaciones lineales y estacionarias, lo que limita la capacidad de capturar la complejidad tiempo-frecuencia y las asimetrías en distintos horizontes de análisis.

Estudios recientes en América Latina han aplicado técnicas multirresolución para analizar la dinámica financiera, destacando el uso de métodos wavelet para identificar patrones no lineales y dependencias temporales [5], [6]. En el caso de Honduras, la relación entre crédito al sector privado y PIB se ha visto afectada por la crisis financiera global de 2008–2009 y por el choque externo de la pandemia de 2020, lo que refuerza la necesidad de estudiar estas interacciones en el tiempo y bajo diferentes condiciones.

Este artículo propone abordar dicha brecha mediante un enfoque multirresolución basado en la coherencia wavelet, capaz de descomponer las series en el plano tiempo-frecuencia y revelar cómo la relación entre crédito al sector privado y PIB varía en el corto, mediano y largo plazo. La contribución principal radica en comprobar la existencia de asimetrías temporales en la transmisión financiera hacia la actividad económica hondureña, aportando evidencia empírica novedosa y metodológicamente robusta.

C. Preguntas, objetivos e hipótesis de investigación

Las preguntas que guían la investigación son: ¿cómo varía la coherencia entre crédito y PIB en el corto, mediano y largo plazo?, ¿Existen periodos de crisis (2008–2009, 2020) donde la relación se debilita o se invierte?, y ¿qué implicaciones

tienen estas asimetrías para la política monetaria y financiera en economías emergentes? El objetivo general del estudio es analizar la relación dinámica entre desarrollo financiero y crecimiento económico en Honduras, durante el periodo 2004-2024, identificando la presencia de asimetrías temporales en distintos horizontes de análisis.

Con base en la literatura revisada [3], [5], [7], [8] y en el contexto hondureño, se plantea la siguiente hipótesis general de investigación: La dinámica del crédito al sector privado influye significativamente en la actividad económica de Honduras (PIB), mostrando relaciones de coherencia multiescalar y asimetrías temporales que reflejan cambios en liderazgo y estabilidad según el horizonte de análisis.

Hipótesis específicas: H1–El crédito presenta coherencia significativa con el PIB en horizontes de corto plazo (1-8 trimestres), reflejando la sensibilidad inmediata de la actividad económica a las condiciones financieras. H2–La coherencia entre crédito y PIB es más estable en horizontes de mediano plazo (9-20 trimestres), indicando que el crédito actúa como canal de transmisión en ciclos económicos intermedios. H3–En horizontes de largo plazo (21-32 trimestres), la coherencia entre crédito y PIB se mantiene, pero con posibles cambios estructurales asociados a crisis financieras y shocks externos.

D. Estructura del artículo

El artículo se organiza en cinco secciones. La segunda presenta la revisión de literatura sobre la relación entre desarrollo financiero y crecimiento económico. La tercera describe la metodología, incluyendo el enfoque econométrico y pruebas de robustez. La cuarta presenta en detalle el modelo econométrico. La quinta expone los resultados empíricos y su discusión. Finalmente, la sexta sección ofrece conclusiones y recomendaciones de política económica para Honduras.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. Evidencia internacional sobre la relación crédito al sector privado y PIB en economías emergentes.

Estudios fundacionales como [1], [2] destacan que el desarrollo financiero es un motor del crecimiento económico y que un sistema financiero sólido canaliza recursos hacia sectores productivos, mejora la asignación del capital, y genera efectos positivos sobre el PIB. Sin embargo, algunos estudios recientes muestran resultados heterogéneos donde se evidencia que la relación crédito–PIB depende de la estructura institucional y del horizonte temporal [2], [9]. Otros estudios establecen que en economías abiertas los choques externos pueden debilitar o invertir la causalidad [3]. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de enfoques multirresolución capaces de capturar dinámicas no lineales y asimetrías temporales.

B. Estudios previos en Honduras

La evidencia empírica acerca de la relación entre desarrollo financiero y crecimiento económico en Honduras es aún limitada y fragmentada. Los estudios disponibles han mostrado vínculos positivos entre crédito al sector privado y PIB, pero en su mayoría se han basado en modelos lineales tradicionales (VAR, cointegración), sin explorar la dinámica multiescalar ni la robustez temporal. Por ejemplo, [10], mediante un modelo VAR que incorpora consumo energético, emisiones de CO_2, desarrollo financiero y gasto público, encuentran que el crédito privado ejerce un efecto significativo sobre el crecimiento económico hondureño, aunque condicionado por factores estructurales y de sostenibilidad.

En el ámbito institucional, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha documentado las brechas de inclusión financiera en el país, señalando que la limitada cobertura del crédito al sector privado restringe su capacidad de impulsar el crecimiento económico [11]. De manera complementaria, el Banco Mundial [12], enfatiza que la economía hondureña depende críticamente de las remesas y del crédito interno, pero enfrenta vulnerabilidades estructurales que limitan la transmisión financiera hacia el PIB.

En conjunto, estos estudios sugieren que, aunque el crédito al sector privado desempeña un papel relevante en la dinámica económica hondureña, su impacto es heterogéneo y vulnerable a choques externos.

C. Brechas identificadas: falta de análisis multiescalar y de robustez temporal.

La principal brecha en la literatura hondureña y regional es la ausencia de estudios que integren un enfoque multirresolución. Específicamente, en Honduras no se ha explorado cómo la coherencia crédito al sector privado–PIB varía en distintos horizontes temporales ni cómo se comporta en contextos de crisis. Esta ausencia de enfoques multirresolución en la literatura nacional constituye una brecha metodológica importante, lo que justifica la aplicación de técnicas como la Coherencia Wavelet Continua (CWT) y la Coherencia Wavelet (WTC) para capturar las asimetrías temporales y los cambios de direccionalidad en periodos de crisis.

III. METODOLOGÍA

El proceso metodológico está diseñado de manera secuencial con el propósito de evaluar el papel del canal financiero en la dinámica económica hondureña. Para ello se emplea un enfoque multirresolución que combina pruebas de estacionariedad (ADF y KPSS), filtrado Hodrick–Prescott para separar tendencia y ciclo, y técnicas avanzadas de análisis espectral como la Coherencia Wavelet Continua (CWT) y la Coherencia Wavelet (WTC). Para las pruebas de robustez del modelo se aplican simulaciones Monte Carlo y análisis de submuestras, lo que permite significancia estadística y estabilidad estructural de los resultados.

A. Variables y tamaño de la muestra

Esta investigación se fundamenta en una relación causal asimétrica entre el crédito al sector privado considerado como variable independiente y el Producto Interno Bruto (PIB) definido como variable dependiente (Tabla I). Se utilizan datos trimestrales de PIB real y crédito al sector privado para Honduras en el período 2004Q1–2024Q4, expresados en Lempiras, dado que es la moneda oficial del país y permite

reflejar con mayor precisión la dinámica interna. Los datos trimestrales permiten capturar los ciclos de corto plazo y las dinámicas de mediano y largo plazo, esenciales para el análisis multiescalar mediante la metodología wavelet.

TABLA I
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Definición operacional	Indicador / Medición	Fuente
PIB constante *Dependiente*	Nivel de producción y actividad económica en Honduras, ajustado por inflación.	PIB real trimestral en millones de Lempiras	Banco Central de Honduras (BCH),
Crédito al sector privado constante *Independiente*	Crédito otorgado por el sistema financiero al sector privado, ajustado por inflación.	Crédito real trimestral en millones de Lempiras	BCH

B. *Procesamiento de los datos*

Dado que el crédito al sector privado presenta registros anuales en los primeros años de la muestra (2004-2007), se procede a la homogeneización de frecuencia mediante interpolación spline en el software R, convirtiendo los datos a periodicidad trimestral sin alterar la tendencia, documentado en la literatura econométrica por [13], [14].

Si bien la interpolación spline puede introducir cierto grado de suavización en las frecuencias más altas, su efecto potencial sobre la coherencia de corto plazo se considera limitado, dado que el período interpolado representa una fracción reducida de la muestra total (2004–2024) y los resultados fueron contrastados mediante pruebas de robustez basadas en simulaciones Monte Carlo y análisis de submuestras.

C. *Pruebas de estacionariedad ADF, KPSS y filtro HP*

1) Pruebas ADF/KPSS para estacionariedad: Con las series ya transformadas y homogeneizadas, se aplican las pruebas de Dickey–Fuller Aumentada (ADF) y Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS) con el propósito definir la pertinencia de trabajar en niveles o diferencias.

Ambas pruebas son complementarias: la ADF contrasta la hipótesis nula de no estacionariedad, mientras que la KPSS contrasta la hipótesis nula de estacionariedad. Tal como señalan [15], [16], esta estrategia fortalece la validez del análisis en el dominio tiempo–frecuencia y justifica el uso posterior de la metodología wavelet sobre datos cíclicos y estacionarios.

2) Filtrado Hodrick–Prescott (HP): Posteriormente a las pruebas ADF/KPSS, se implementa el filtro Hodrick–Prescott con el objetivo de separar tendencia y ciclo, utilizando el componente cíclico como insumo principal para el análisis wavelet. Esta etapa permite verificar preliminarmente la sincronía entre los ciclos de PIB y crédito al sector privado. Estudios recientes [17], [18], destacan que el uso del filtro HP es una práctica consolidada para focalizar el análisis en los componentes cíclicos de las series (extraer ciclos económicos) y analizar sincronía entre variables macroeconómicas.

D. *Análisis descriptivo y estadísticos básicos*

Este bloque metodológico proporciona evidencia sobre las diferencias estructurales entre el crédito al sector privado y el PIB, justificando el uso del enfoque multirresolución wavelet. En primer lugar, se calculan los estadísticos básicos (Ej. media, mediana, desviación estándar, …), con el propósito de comparar la estabilidad relativa de las series.

Para evaluar la distribución y forma de las series, se estiman las medidas de asimetría (skewness) y curtosis, complementadas con las pruebas de normalidad Jarque–Bera y Shapiro–Wilk. El análisis incluye también una matriz de correlaciones utilizando los coeficientes de Pearson y Spearman.

En conjunto, este bloque descriptivo proporciona una base empírica sólida para el análisis posterior de coherencia wavelet, demostrando que las series presentan características diferenciadas en términos de distribución, volatilidad y estructura temporal.

IV. ENFOQUE ECONOMÉTRICO

El núcleo del estudio consiste en el análisis wavelet, aplicado sobre las series estacionarias. Se utiliza la Coherencia Wavelet Continua (CWT) para cada variable y la Coherencia Wavelet (WTC) para evaluar la relación entre PIB (Y_t) y crédito al sector privado (C_t) en distintos horizontes temporales. Los mapas tiempo-frecuencia y las flechas de fase permiten interpretar tanto la magnitud como la dirección de la relación, mientras que la coherencia promedio se calcula para corto, mediano y largo plazo, proporcionando evidencia multiescalar de la dinámica causal.

A. *Interpretación de los mapas CWT y WTC: colores, significancia y liderazgo*

La interpretación de los mapas CWT y WTC en la Fig. 1, constituye una fase esencial del análisis, pues traduce la información tiempo–frecuencia en evidencia visual y cuantitativa sobre la dinámica de las series. En estos mapas, los colores representan la intensidad del poder espectral. Esta codificación cromática permite identificar los periodos donde las fluctuaciones del PIB y del crédito son más pronunciadas, revelando fases de expansión y contracción económica.

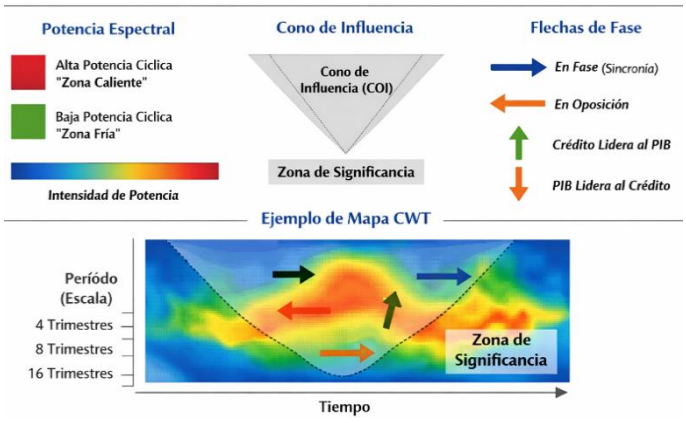


Fig. 1 Interpretación ilustrativa de mapas de coherencia wavelets

Según la formulación clásica [19] y los desarrollos recientes [5], la intensidad del color dentro del cono de influencia (COI) delimita las zonas de significancia estadística, garantizando que los resultados no se vean afectados por efectos de borde o extrapolación temporal.

Las flechas de fase incorporadas en los mapas de coherencia wavelet (WTC) complementan esta interpretación al indicar la dirección y liderazgo entre las variables. Una flecha orientada hacia la derecha (→) señala sincronía en fase (movimiento conjunto), mientras que una flecha hacia la izquierda (←) indica oposición o desfase. Las flechas apuntando hacia arriba (↑) o abajo (↓) reflejan relaciones de liderazgo temporal: hacia arriba, el crédito lidera al PIB; hacia abajo, el PIB lidera al crédito [7], [8].

B. Coherencia Wavelet Continua (CWT)

La Coherencia Wavelet Continua (CWT) constituye el núcleo analítico del estudio, al permitir la descomposición de las series temporales en el dominio tiempo-frecuencia y revelar los ciclos dominantes que caracterizan la dinámica económica hondureña, es la base para obtener el espectro de cada serie.

A diferencia de los métodos tradicionales de análisis espectral, la CWT ofrece una representación simultánea de la evolución temporal y la estructura de frecuencias, lo que la convierte en una herramienta idónea para identificar patrones no estacionarios y relaciones multiescalar entre las variables.

Siguiendo el enfoque propuesto por [5], [7], la CWT se aplica individualmente a las series de PIB y crédito al sector privado para examinar sus componentes cíclicos y la intensidad de sus fluctuaciones a lo largo del tiempo. La descomposición tiempo-frecuencia se realiza mediante la wavelet de Morlet. Matemáticamente, la transformada se define mediante la ecuación (1):

$$W_x(s,t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \cdot \psi^* \left(\frac{\tau - t}{s} \right) d\tau \qquad (1)$$

Donde ψ es la wavelet madre (Morlet). Esta ecuación se usa antes de calcular la coherencia cruzada. $x(\tau)$ representa la serie temporal, s la escala asociada a la frecuencia, t el desplazamiento temporal y ψ^* la función wavelet madre conjugada.

Este enfoque proporciona una lectura visual y cuantitativa de la estructura cíclica de las series, ofreciendo una base sólida para el análisis de coherencia cruzada posterior.

C. Coherencia Wavelet (WTC) entre PIB y crédito al sector privado, interpretando magnitud y fase

La Coherencia Wavelet constituye el eje central del análisis entre ambas variables, permitiendo evaluar la fuerza y dirección de la relación en el plano tiempo-frecuencia. Este enfoque multirresolución, posibilita descomponer las series en distintos horizontes temporales, corto, mediano y largo plazo [20], [21].

La pertinencia de este método radica en su capacidad para capturar relaciones no estacionarias y dependencias temporales que los modelos tradicionales no logran identificar [3], [5], [7]. Matemáticamente, la coherencia wavelet se expresa mediante la ecuación (2).

$$WTC_{Y,C}(s,t) = \frac{\left| S\left(W_{Y,C}(s,t) \right) \right|^2}{S(|W_Y(s,t)|^2) \cdot S(|W_C(s,t)|^2)} \qquad (2)$$

Donde $WTC_{Y,C}(s,t)$ representa la transformada wavelet cruzada entre PIB y crédito al sector privado, s la escala (frecuencia), t el tiempo. El numerador mide la intensidad de la relación entre PIB (Y) y el crédito (C) y refleja cuánto se mueven juntas en cada escala temporal. El denominador ajusta el resultado para que la coherencia no dependa solo de la magnitud del PIB o del crédito, sino del comportamiento propio de cada variable.

D. Validación y Robustez metodológica

La validación y robustez del modelo se fundamentan en un conjunto de pruebas diseñadas para garantizar la estabilidad y significancia estadística de los resultados obtenidos en el análisis de coherencia wavelet entre PIB y crédito.

1) Validación estadística (Monte Carlo): Según [22], [23], este enfoque permite establecer umbrales de confianza robustos y reducir el riesgo de falsos positivos en la interpretación de los mapas tiempo-frecuencia.

2) Análisis de submuestras temporales: Se desarrolla un análisis de submuestras temporales, dividiendo el periodo total en dos ventanas: 2004–2012 y 2013–2024. Esta segmentación permite evaluar si la relación entre PIB y crédito presenta cambios estructurales a lo largo del tiempo.

Los mapas WTC generados para cada submuestra mostrarán si la coherencia es estable en el mediano plazo, o si exhibe variaciones significativas durante las crisis financieras de 2008–2009 y la pandemia de 2020.

V. Resultados y Discusión

El análisis se desarrolla iniciando con la validación estadística de las series y la caracterización descriptiva para luego profundizar en la dinámica multiescalar revelada por la Coherencia Wavelet Continua (CWT), la Coherencia Wavelet (WTC) y las pruebas de robustez.

A. Diagnóstico preliminar y validación de las series

Los resultados de las pruebas de raíz unitaria aplicadas al PIB y al Crédito confirman la presencia de no estacionariedad en nivel. En el caso del PIB, el estadístico ADF (τ = –0.7927; ϕ = 3.8577) no supera los valores críticos, mientras que el valor p asociado ($1.01^{e\text{-}10}$) refleja significancia en la regresión, pero no permite rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria. De manera similar, para el Crédito al sector privado, el estadístico ADF (τ = –1.949; ϕ = 2.0222) se mantiene por encima de los valores críticos, con un valor p de 0.0576, lo que refuerza la conclusión de no estacionariedad en nivel.

Los resultados de la prueba KPSS complementan este diagnóstico: tanto el PIB (estadístico = 2.1313, p < 0.01) como el Crédito (estadístico = 0.8074, p < 0.01) rechazan la hipótesis nula de estacionariedad.

En conjunto, los resultados indican que ambas series son integradas de orden uno (I(1)), es decir, se vuelven estacionarias al aplicar la primera diferencia. Esta doble evidencia refuerza la necesidad de transformar las series en logaritmos y diferenciación y aplicar el filtro HP para extraer el componente cíclico.

TABLA II
DIAGNÓSTICO DE ESTACIONARIEDAD ADF/KPSS

Prueba / Variable	Estadístico	Valor p	Valores críticos (1%, 5%, 10%)
ADF/PIB	$\tau = -0.7927$, $\phi = 3.8577$	$p = 1.01^{e-10}$	τ: −3.51, −2.89, −2.58 ϕ: 6.70, 4.71, 3.86
ADF/Crédito	$\tau = -1.949$, $\phi = 2.0222$	p = 0.05764	τ: −3.51, −2.89, −2.58 ϕ: 6.70, 4.71, 3.86
KPSS/PIB	2.1313	p < 0.01	
KPSS/Crédito	0.80741	p < 0.01	

Los resultados ADF para ambas variables no rechazan la raíz unitaria (τ > valores críticos), por lo tanto, las series son no estacionaria en nivel. En el caso de las pruebas KPSS para las dos series rechazan la hipótesis nula de estacionariedad y se concluye que las series son no estacionarias en nivel. El filtro Hodrick–Prescott (HP) aplicado a ambas series permite separar la tendencia de largo plazo de los ciclos económicos relevantes.

El filtro Hodrick–Prescott (HP) aplicado a ambas series permite separar la tendencia de largo plazo de los ciclos económicos relevantes. En el PIB, el componente cíclico revela fluctuaciones asociadas a fases de expansión y contracción en la Fig. 2, mientras que en el crédito se observan oscilaciones más abruptas, reflejo de la sensibilidad del sistema financiero a choques externos y condiciones de liquidez en la Fig. 3.

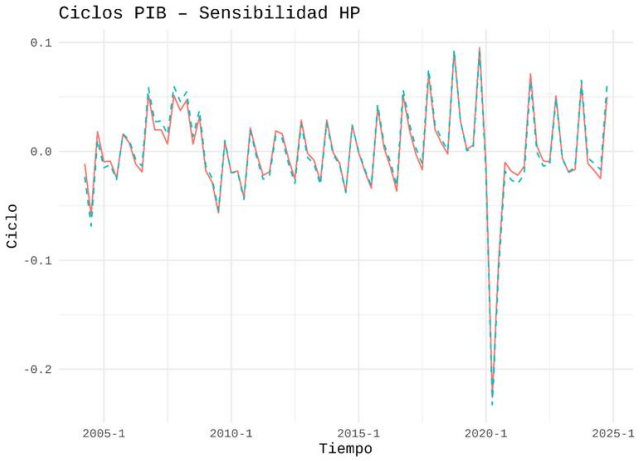


Fig. 2 Filtro Hodrick–Prescott (HP)_ PIB

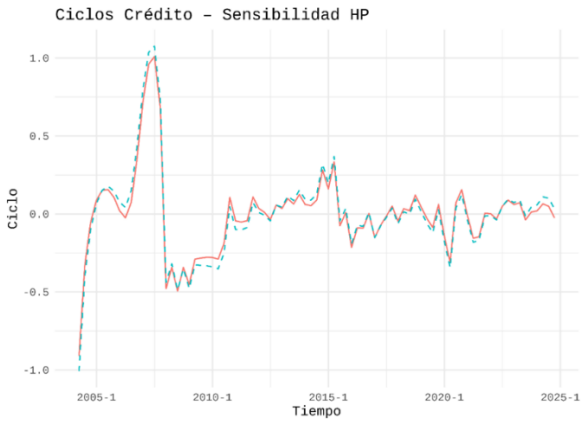


Fig. 3 Filtro Hodrick–Prescott (HP)_ Crédito al sector privado

La comparación visual de los ciclos muestra una sincronía preliminar; en varios periodos, las oscilaciones del crédito anteceden o acompañan las del PIB, lo que sugiere un liderazgo financiero en el corto plazo. La sincronía observada entre los ciclos de crédito y PIB constituye una primera evidencia empírica de la relación dinámica entre ambas variables, anticipando los hallazgos más detallados que se obtendrán en los mapas CWT y WTC.

B. Análisis descriptivo y caracterización estadística

El análisis descriptivo permite comprender las propiedades estadísticas y dinámicas de las series de PIB y crédito al sector privado, constituyendo una base para el posterior estudio multiescalar.

Los resultados de la Tabla III muestran diferencias estructurales claras entre ambas variables. El PIB presenta una media de 10.73 y una desviación estándar de 0.20, lo que evidencia una alta estabilidad y baja dispersión en el periodo analizado. En contraste, el crédito al sector privado exhibe una media de 4.17 y una desviación estándar de 0.39, reflejando mayor volatilidad.

Estos resultados confirman que el PIB mantiene una trayectoria más estable, mientras que el crédito presenta fluctuaciones más pronunciadas, lo que anticipa la existencia de asimetrías temporales en la relación entre ambas variables.

TABLA III
ANÁLISIS DESCRIPTIVO

vars	mean	median	sd	min	max	skew	kurtosis
PIB	10.729	10.722	0.1998	10.321	11.118	-0.071	-0.992
Crédito	4.174	4.1345	0.3944	3.0000	5.1079	0.063	0.163

La tabla IV complementa el diagnóstico mediante las pruebas de normalidad Jarque–Bera (JB) y Shapiro–Wilk (SW). Para el PIB, el estadístico JB = 3.19 (p = 0.20) y SW = 0.975 (p = 0.10) indican que no se rechaza la hipótesis de normalidad, confirmando una distribución aproximadamente normal. El crédito al sector privado presenta JB = 0.26 (p = 0.88) y SW = 0.975 (p = 0.10), lo que sugiere una distribución no normal con ligera asimetría positiva y curtosis elevada.

TABLA IV
DISTRIBUCIÓN Y FORMA: PRUEBAS DE NORMALIDAD

Variable	JB_Stat	JB_pvalue	SW_Stat	SW_pvalue
PIB	3.194529712	0.20244949	0.975028568	0.101679107
Crédito	0.259919403	0.878130818	0.974877615	0.103335531

El heatmap de correlaciones en la Fig. 4, representa de manera visual la matriz de correlaciones de Pearson y Spearman entre PIB y crédito. Los valores en la diagonal (1.00) confirman la autocorrelación perfecta de cada variable consigo misma, mientras que el coeficiente de 0.34 entre PIB y crédito revela una correlación positiva pero moderada. En otras palabras, una baja correlación global puede ocultar coherencias significativas en determinados horizontes temporales, en los ciclos de corto y mediano plazo.

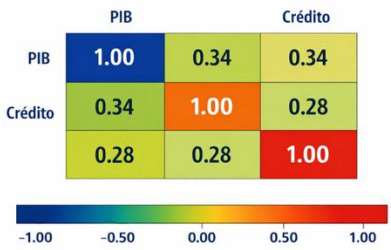


Fig. 4 Correlación de Pearson y Spearman entre PIB-Crédito

En conjunto, los resultados descriptivos y las pruebas de normalidad y correlación confirman que las series de PIB y crédito al sector privado presentan comportamientos estructuralmente distintos: el PIB es estable y cercano a la normalidad, mientras que el crédito es más volátil y no normal.

C. Resultados de la Coherencia Wavelet Continua

La aplicación de la Coherencia Wavelet Continua (CWT) permite descomponer las series de PIB y crédito en el plano tiempo-frecuencia, revelando los ciclos dominantes y las zonas de mayor potencia espectral que caracterizan la dinámica de la economía hondureña.

El mapa CWT del PIB en la Fig. 5, exhibe zonas de alta potencia espectral en tonos cálidos (rojos y amarillos) concentradas entre los años 2008–2012 y 2018–2022, correspondientes a fases de expansión económica y recuperación postcrisis. En contraste, los tonos fríos (azules y verdes) observados en los periodos 2004–2007 y 2020–2021 reflejan fases de contracción o menor actividad, vinculadas a choques externos y restricciones financieras. La distribución temporal de la potencia espectral sugiere que el PIB responde de manera cíclica a las condiciones financieras, pero con rezagos que varían según el horizonte temporal.

Metodológicamente, la concentración de energía dentro del cono de influencia (COI) indica ciclos dominantes de mediano plazo (aproximadamente 12–20 trimestres) y confirma la significancia estadística de los resultados. Este comportamiento coincide con la hipótesis general, que plantea que la dinámica del crédito influye significativamente en la actividad económica, mostrando coherencias multiescalar y asimetrías temporales.

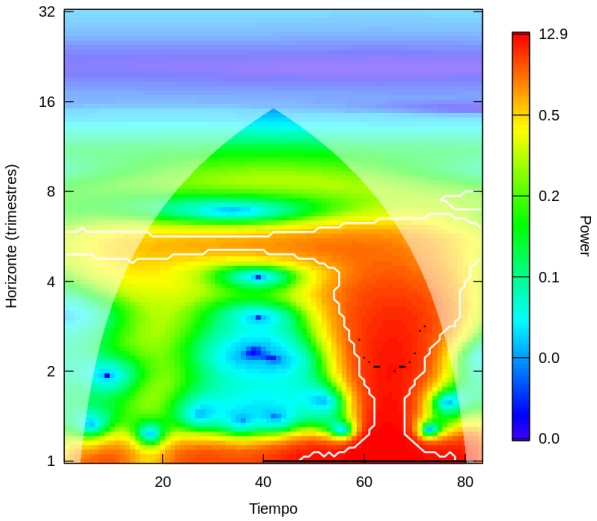


Fig. 5 Wavelet Power Spectrum_ PIB

El mapa de coherencia wavelet continua (CWT) del crédito en la Fig. 6, presenta una estructura más volátil y heterogénea. Las zonas de alta potencia espectral se concentran en los periodos 2006–2009 y 2019–2024, lo que evidencia fases de expansión del crédito y mayor actividad del sistema financiero. Los tonos cálidos en estas regiones indican ciclos de corto y mediano plazo (4–16 trimestres), característicos de la respuesta rápida del crédito ante cambios en la política monetaria y condiciones de liquidez.

Durante las crisis de 2008–2009 y 2020, se observan áreas de baja energía fuera del COI, reflejando una disminución significativa en la actividad crediticia y una pérdida de sincronía con el PIB. Este patrón confirma la existencia de asimetrías temporales; el crédito lidera la actividad económica en fases expansivas, pero se rezaga o desacopla en periodos de crisis.

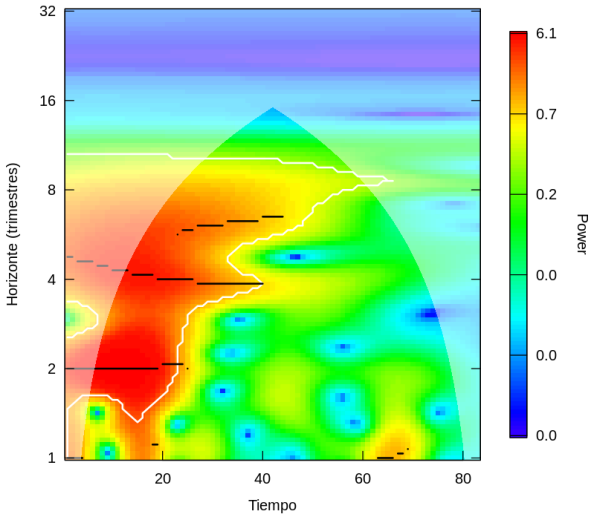


Fig. 6 Wavelet Power Spectrum_ Crédito

La intensidad cromática y la persistencia de los ciclos en el crédito sugieren una mayor sensibilidad a los choques externos y a las políticas de ajuste. Este hallazgo respalda la interpretación teórica del canal financiero, donde las variaciones en el crédito actúan como mecanismo de transmisión hacia la producción, pero con efectos diferenciados según el horizonte temporal.

La comparación entre los mapas CWT del PIB y del crédito revela una coherencia estructural parcial; ambos presentan ciclos dominantes en horizontes de mediano plazo, aunque con distinta intensidad y sincronía. Durante las crisis (2008–2009, 2020), derivadas de la crisis inmobiliaria y politicas, además de la pandemia, la energía del crédito disminuye antes que la del PIB, lo que sugiere un liderazgo inverso y confirma la presencia de asimetrías temporales.

El análisis visual y cuantitativo de los mapas CWT permite identificar tres patrones clave: Ciclos de corto plazo (4–8 trimestres): muestran liderazgo del crédito sobre el PIB, validando la hipótesis H1. Ciclos dominantes de mediano plazo (12–20 trimestres): reflejan la sincronía estructural entre crédito y PIB, coherente con la hipótesis H2. Ciclos de largo plazo (>24 trimestres): evidencian cambios estructurales y pérdida de coherencia durante crisis, en línea con la hipótesis H3.

En conjunto, los hallazgos de la Coherencia Wavelet Continua (CWT) consolidan la base para el análisis de coherencia wavelet (WTC) en la siguiente sección, donde se evalúa la fuerza y dirección de la relación dinámica entre ambas variables.

D. Resultados de la Coherencia Wavelet (WTC)

La Coherencia Wavelet en la Fig. 7, constituye el eje central del análisis bivariante entre el PIB y el crédito, permitiendo evaluar la fuerza y dirección de su relación dinámica en el plano tiempo–frecuencia, segmentados por horizontes temporales.

En los horizontes de corto plazo (1–8 trimestres), el mapa WTC muestra zonas de alta coherencia (tonos rojos y amarillos) principalmente entre 2006–2009 y 2018–2020, dentro del cono de influencia. Las flechas de fase orientadas hacia arriba (↑) indican que el crédito al sector privado lidera al PIB, reflejando una transmisión rápida de las condiciones financieras hacia la actividad económica. Durante los episodios de expansión, el crédito actúa como variable líder, impulsando el crecimiento mediante el canal financiero y validando la hipótesis H1. Este resultado coincide con la literatura sobre economías emergentes [1], [24], donde la demanda agregada responde con sensibilidad inmediata a la expansión crediticia.

En el mediano plazo (9–20 trimestres), el mapa WTC evidencia zonas de coherencia elevada y estable (tonos naranjas y rojos) entre 2008–2012 y 2019–2023, con flechas de fase horizontales (→) que indican sincronía en fase. Este patrón sugiere que el crédito y el PIB evolucionan conjuntamente, reflejando una relación estructural consolidada entre el sistema financiero y la actividad productiva. La sincronía observada valida la hipótesis H2, indicando que el crédito actúa como canal de transmisión de la política monetaria en ciclos económicos intermedios. Este comportamiento es consistente con estudios latinoamericanos [5], [7], que destacan la persistencia de la relación crédito–PIB en economías con estructuras financieras en expansión.

En los horizontes de largo plazo (21–32 trimestres), el mapa WTC muestra una disminución de la coherencia (tonos verdes y azules) y flechas de fase orientadas hacia abajo (↓) o hacia la izquierda (←), lo que indica liderazgo del PIB o desfase entre las variables. Este patrón se observa especialmente durante las crisis de 2008–2009 y 2020, donde la relación se debilita o se invierte.

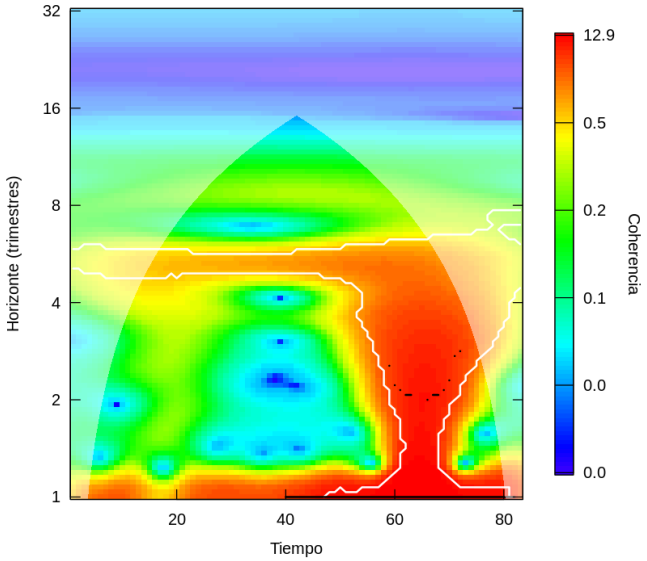


Fig. 7 Wavelet Coherence PIB vs Crédito

La evidencia observada valida la hipótesis H3, mostrando que en el largo plazo la coherencia se debilita y el liderazgo puede revertirse, lo que subraya la necesidad de mecanismos de estabilización. Este resultado coincide con la literatura sobre vulnerabilidad de economías pequeñas ante crisis financieras globales [3], [8], donde los choques externos alteran la dirección de la causalidad.

E. Validación y robustez de los resultados

La validación y robustez de los resultados constituyen el cierre metodológico del análisis, asegurando que las conclusiones derivadas del estudio sean estadísticamente significativas, estables y consistentes frente a variaciones de parámetros y condiciones de crisis. Este bloque integra dos pruebas complementarias: simulaciones Monte Carlo, y análisis de submuestras, ambas orientadas a verificar la solidez de la coherencia wavelet observada entre el PIB y el crédito.

1) *Simulaciones Monte Carlo: significancia estadística.* Los resultados de las simulaciones Monte Carlo (500 y 1000 réplicas) se presentan en la Tabla V. Los valores de p-valores oscilan entre 0.34 y 0.99, mostrando una tendencia decreciente en los primeros periodos y una estabilización en niveles altos de significancia a partir del periodo 13–16 trimestres, donde

los p-valores alcanzan valores entre 0.94-0.99, lo cual es suficiente para confirmar que la coherencia observada no es producto del azar.

En el largo plazo (21–32 trimestres), los p-valores tienden a disminuir (0.49–0.71), con p-valor promedio de ≈ 0.4270, coherente con la tendencia decreciente observada en los resultados Monte Carlo y la interpretación de debilitamiento de coherencia en periodos de crisis, reflejando rupturas y validando la hipótesis de asimetría temporal.

TABLA V
TABLA DE LOS RESULTADOS MONTE CARLO (500–1000 RÉPLICAS)

Horizonte (trimestres)	Rango de Periodos	Replicas 500 (p-Value)	Replicas 1000 (p-Value)
Corto plazo	1–4	0.34	0.42
Mediano plazo	5–8	0.58	0.61
	9–12	0.80	0.84
	13–16	0.94	0.96
Largo plazo	17–20	0.99	0.99
	21–32	0.49 – 0.71 (con caídas puntuales a 0.28–0.29)	

2) *Análisis de submuestras: estabilidad estructural.* El análisis de submuestras (2004–2012 y 2013–2024) permite evaluar la estabilidad estructural de la relación crédito–PIB en distintos contextos macroeconómicos.

En la submuestra 2004–2012 de la Fig. 8, se observa una coherencia elevada en el corto y mediano plazo, con liderazgo del crédito y sincronía durante la expansión previa a la crisis global. En la submuestra 2013–2024 de la Fig. 9, la coherencia se mantiene estable, aunque con episodios de debilitamiento en los años 2020–2021, asociados a la pandemia y la contracción económica.

La comparación entre submuestras confirma que la relación entre crédito y PIB es estructuralmente persistente, pero su intensidad varía según el entorno económico. Esta evidencia refuerza la hipótesis de asimetría temporal, mostrando que las crisis reducen la coherencia y alteran el liderazgo entre las variables.

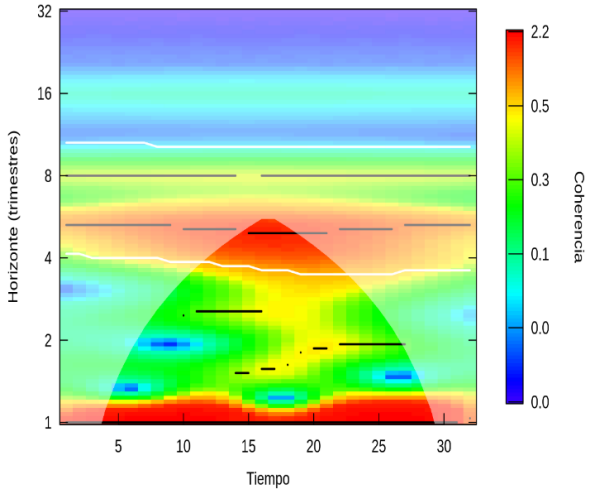


Fig. 8 WTC PIB vs Crédito – Submuestra 2004-2012

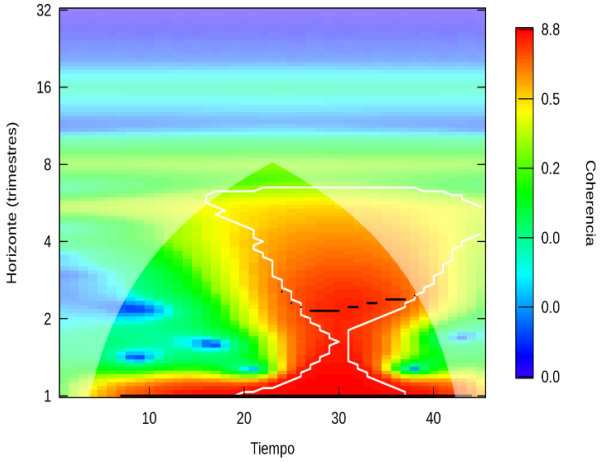


Fig. 9 WTC PIB vs Crédito – Submuestra 2013-2024

La evidencia obtenida a lo largo del análisis, desde la validación de las series hasta la coherencia multiescalar, confirma la existencia de una relación dinámica, asimétrica y estructural entre el crédito y el PIB en Honduras. Estos resultados se alinean con los planteamientos de [1] y [24], quienes destacan el papel del sistema financiero como motor del crecimiento económico en economías emergentes. La evidencia de liderazgo del crédito en el corto plazo y sincronía estructural en el mediano plazo coincide con la visión de [5] y [7], que subrayan la persistencia del vínculo crédito–PIB en América Latina.

Asimismo, los episodios de debilitamiento en el largo plazo, observados durante las crisis de 2008–2009 y 2020, son consistentes con los hallazgos de [3], quien enfatiza la vulnerabilidad de economías pequeñas y abiertas ante choques financieros globales. En conjunto, la literatura respalda la interpretación de que el crédito actúa como canal de transmisión de la política monetaria, pero su eficacia depende del horizonte temporal y del contexto macroeconómico.

En conjunto, los resultados obtenidos a través del diagnóstico preliminar, el análisis descriptivo, la transformada wavelet continua (CWT), la coherencia wavelet (WTC) y las pruebas de robustez confirman la solidez empírica y metodológica del estudio. La evidencia revela que la relación entre crédito y PIB en Honduras es multiescalar, dinámica y estructuralmente asimétrica, manifestándose con liderazgo financiero en el corto plazo, sincronía en el mediano y debilitamiento en el largo plazo.

Las pruebas de significancia y sensibilidad validan la estabilidad de los hallazgos, mientras que la coherencia persistente en las submuestras demuestra que el vínculo financiero-productivo trasciende los ciclos económicos y las crisis.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. *Conclusiones principales*

1) El estudio demuestra que la relación entre crédito al sector privado y PIB en Honduras es multiescalar, dinámica y asimétrica, con patrones diferenciados según el horizonte

temporal. El crédito lidera en el corto plazo, coevoluciona en el mediano y se debilita o invierte en el largo plazo, especialmente en contextos de crisis. Confirmando la hipótesis general y específicas.

2) En términos de política económica, se confirma que el crédito debe ser monitoreado como variable líder y que el diseño de políticas debe considerar horizontes diferenciados para garantizar la sostenibilidad del crecimiento.

3) El uso de la transformada wavelet continua (CWT) y la coherencia wavelet (WTC), complementado con pruebas de robustez (Monte Carlo, análisis de submuestras), permite demostrar que las relaciones ocultas en ciertas frecuencias no se capturan con métodos tradicionales.

B. Recomendaciones de política económica

1) Diseño de políticas diferenciadas por horizonte temporal. En el corto plazo considerar medidas de liquidez y estímulo crediticio para dinamizar la demanda agregada. En el mediano plazo, consolidación de la sincronía estructural mediante regulación prudencial y expansión ordenada del crédito. En el largo plazo, políticas contracíclicas y mecanismos de estabilización financiera para mitigar rupturas en crisis y preservar la coherencia estructural.

2) Sostenibilidad del crecimiento económico. La evidencia multirresolución confirma que el crédito puede ser motor del crecimiento, pero también fuente de vulnerabilidad. Por ello, las políticas deben equilibrar el estímulo financiero con la estabilidad macroeconómica, garantizando un desarrollo sostenible.

C. Relevancia y contribución

El estudio aporta evidencia sólida de que la transmisión monetaria en Honduras opera a través del canal financiero con intensidad variable según el horizonte temporal. La adopción de un enfoque multirresolución permite comprender mejor las asimetrías temporales y diseñar políticas más adaptativas. En el contexto regional, este análisis se convierte en un referente metodológico y práctico para fortalecer la estabilidad financiera y la sostenibilidad del crecimiento en economías pequeñas y abiertas.

Desde una perspectiva aplicada, los hallazgos sugieren que el fortalecimiento del canal crediticio puede contribuir a mejorar las condiciones de financiamiento para emprendimientos, procesos de innovación y transformación digital empresarial. Para Honduras, ello implica que las políticas orientadas a ampliar el acceso al crédito productivo y promover la modernización del sistema financiero pueden favorecer la creación de capacidades económicas necesarias para impulsar el crecimiento sostenible. Lo anterior resulta especialmente relevante en economías que buscan fortalecer capacidades emprendedoras, adoptar tecnologías digitales y generar condiciones para el escalamiento empresarial en la nueva economía global.

D. Limitaciones del estudio

La serie temporal es relativamente corta y requiere interpolación en los primeros años. Los resultados se circunscriben al caso hondureño, limitando su generalización.

La interpolación spline aplicada entre 2004–2007 podría generar cierto suavizado en las escalas de muy corto plazo; sin embargo, las pruebas de robustez sugieren que las principales conclusiones sobre la coherencia multiescalar permanecen estables.

E. Proyección hacia futuras investigaciones

Los hallazgos encontrados en esta investigación abren varias líneas de investigación que pueden enriquecer la literatura sobre crecimiento económico y desarrollo financiero en economías pequeñas y abiertas:

1) Extensión regional comparativa: Replicar el análisis en otros países centroamericanos para evaluar similitudes y diferencias en la dinámica crédito–PIB, fortaleciendo la perspectiva regional.

2) Incorporación de nuevas variables: Integrar expectativas de inflación, tasas de interés, remesas y crédito bancario sectorial para ampliar la comprensión del canal financiero.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Estoy muy agradecido con mi familia, por concederme el tiempo para estudiar e investigar y con mis profesores por su dedicación y consejos pertinentes.

REFERENCES

[1] R. Levine, «Chapter 12 Finance and Growth: Theory and Evidence», en Handbook of Economic Growth, vol. 1, Elsevier, 2005, pp. 865-934. doi: 10.1016/S1574-0684(05)01012-9.

[2] T. Beck, M. C. Fernández Díez, y A. Támola, Financial Development, Growth, and Inequality: The Role of Institutions in Latin America and the Caribbean. Inter-American Development Bank, 2024. doi: 10.18235/0005668.

[3] Y. Wang, «Revisiting the Revenue-Spending Nexus in the United States: A Time-Frequency Perspective», J. Time Ser. Econom., vol. 17, n.o 2, pp. 119-140, ago. 2025, doi: 10.1515/jtse-2025-0004.

[4] M. Boďa, «Financial depth versus more comprehensive metrics of financial development in tests of the finance-growth nexus», Econ. Syst., vol. 48, n.o 1, p. 101173, mar. 2024, doi: 10.1016/j.ecosys.2023.101173.

[5] J. Ungermann y R. Reichert, «JuWavelet – continuous wavelet transform and S transform for wave analysis», Geosci. Model Dev., vol. 18, n.o 22, pp. 8613-8626, nov. 2025, doi: 10.5194/gmd-18-8613-2025.

[6] N. J. Marín-Rodríguez, J. D. González-Ruiz, y S. Botero, «Dynamic Linkages Between Economic Policy Uncertainty and External Variables in Latin America: Wavelet Analysis», Economies, vol. 13, n.o 2, p. 22, ene. 2025, doi: 10.3390/economies13020022.

[7] J. Aladwani, «Wavelet Coherence and Continuous Wavelet Transform - Implementation and Application to the Relationship between Exchange Rate and Oil Price for Importing and Exporting Countries», Int. J. Energy Econ. Policy, vol. 13, n.o 4, pp. 531-541, jul. 2023, doi: 10.32479/ijeep.14266.

[8] A. Grinsted, J. C. Moore, y S. Jevrejeva, «Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series», Nonlinear Process. Geophys., vol. 11, n.o 5/6, pp. 561-566, nov. 2004, doi: 10.5194/npg-11-561-2004.

[9] P. Arestis y N. Karagiannis, «The Recent Global Crises and Economic Policies for Future Durable Recovery», en Prospects and Policies for Global Sustainable Recovery, P. Arestis y M. Sawyer, Eds., en

International Papers in Political Economy. , Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 1-39. doi: 10.1007/978-3-031-19256-2_1.
[10] C. R. Amaya Sarmiento y J. J. Paredes Heller, «VAR Model Analysis of Energy Consumption, CO2 Emissions, Financial Development, and Economic Growth in Honduras (1980-2022)», en Proceedings of the 23rd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI): «Engineering, Artificial Intelligence, and Sustainable Technologies in service of society», Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2025. doi: 10.18687/LACCEI2025.1.1.1699.
[11] S. Auguste y J. Prat, «Inclusión Financiera en Honduras. Un estudio del caso». BID, septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.cnbs.gob.hn/inclusion-financiera/wp-content/uploads/2025/03/Inclusion-Financiera-en-Honduras-Un-estudio-del-caso-RV-CNBS-SA.pdf?
[12] World Bank, Global Economic Prospects, June 2025. World Bank, Washington DC, 2025. doi: 10.1596/978-1-4648-2193-6.
[13] P. Kronenberg, «A High-Frequency GDP Indicator for Switzerland», 2024, SSRN. doi: 10.2139/ssrn.4875922.
[14] G. C. Chow y A. Lin, «Best Linear Unbiased Interpolation, Distribution, and Extrapolation of Time Series by Related Series», Rev. Econ. Stat., vol. 53, n.o 4, p. 372, nov. 1971, doi: 10.2307/1928739.
[15] J. K. Afriyie, S. Twumasi-Ankrah, K. B. Gyamfi, D. Arthur, y W. A. Pels, «Evaluating the Performance of Unit Root Tests in Single Time Series Processes», Math. Stat., vol. 8, n.o 6, pp. 656-664, nov. 2020, doi: 10.13189/ms.2020.080605.
[16] A. Kagalwala, «KPSS test: A command that implements the Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, and Shin test with sample-specific critical values and reports p-values», Stata J. Promot. Commun. Stat. Stata, vol. 22, n.o 2, pp. 269-292, jun. 2022, doi: 10.1177/1536867X221106371.
[17] J. G. Covarrubias y X. Liu, «Beyond the Hodrick Prescott Filter: Wavelets and the Dynamics of U.S.–Mexico Trade», en ITISE 2025, MDPI, ago. 2025, p. 14. doi: 10.3390/cmsf2025011014.
[18] S. Pal Shuvo, S. Pal Shibazee, G. Paul, M. Paul Mita, C. Das, y K. Malakar, «A novel integration of Hodrick–Prescott filter (Hp-filter) and wavelet transform (WT) with optimize support vector machine (PSO-SVM) in predicting solar radiation», Sci. Rep., vol. 15, n.o 1, p. 14410, abr. 2025, doi: 10.1038/s41598-024-82950-2.
[19] C. Torrence y G. P. Compo, «A Practical Guide to Wavelet Analysis», Bull. Am. Meteorol. Soc., vol. 79, n.o 1, pp. 61-78, ene. 1998, doi: 10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2.
[20] S. D. Yeboah, P. Owusu Junior, A. A.-A. Idun, P. K. Akorsu, y M. P. Fumey, «Dynamic interdependence of major currencies and the US dollar: a wavelet coherence approach», Future Bus. J., vol. 11, n.o 1, p. 222, sep. 2025, doi: 10.1186/s43093-025-00636-1.
[21] E. Al-Mansouri, «Bitcoin vs. the US Dollar: Unveiling Resilience Through Wavelet Analysis of Price Dynamics», J. Risk Financ. Manag., vol. 18, n.o 5, p. 259, may 2025, doi: 10.3390/jrfm18050259.
[22] W. R. Gilks, L. Cironis, y S. Barber, «Wavelet Monte Carlo: a principle for sampling from complex distributions», Stat. Comput., vol. 33, n.o 5, p. 92, oct. 2023, doi: 10.1007/s11222-023-10256-w.
[23] R. K. Julian, B. A. Rappold, y S. R. Master, «Monte Carlo Wavelet Analysis for Objective Peak Detection in LC-MS/MS», 22 de diciembre de 2025, Bioinformatics. doi: 10.64898/2025.12.18.694988.
[24] T. Beck, «Finance and Oil: Is There a Resource Curse in Financial Development?», SSRN Electron. J., 2011, doi: 10.2139/ssrn.1769803.