

Determinants of Production Factors in Guatemala, Honduras, and El Salvador: An Empirical Analysis of Digitalization, Innovation, and Financial Development

Dulce María Vásquez Martínez¹; Juan Jacobo Paredes Heller²

¹Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, Honduras, dulcevasquez@unitec.edu

²Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, Honduras, jacobo.paredesheller@unitec.edu

Abstract— *This article analyzes whether innovation enablers, digitalization, R&D effort, financial deepening, and advanced human capital are associated with Total Factor Productivity (TFP) growth in Guatemala, Honduras, and El Salvador during 2000–2022. An annual panel is constructed using the Penn World Table (TFP is measured as a logarithmic annual change) and World Development Indicators (internet users, private credit, tertiary enrollment, and R&D where available). The base model is a country-fixed effects model with robust standard errors and robustness tests (lags and exclusion of pandemic years). The results are consistent with a significant negative association of private credit with TFP growth, suggesting potential problems in the allocation of financing. In contrast, digitalization, tertiary enrollment, and R&D show positive signs but less statistical robustness, consistent with an “adoption without absorption” dynamic. Policy implications for improving credit quality, strengthening university-industry linkages, and developing complementary organizational capacities are discussed.*

Keywords— *Total factor productivity, Digitalization, Innovation, Private credit, Panel data.*

Determinantes de Factores de Producción en Guatemala, Honduras y El Salvador: Análisis Empírico de la Digitalización, Innovación y Desarrollo Financiero

Dulce María Vásquez Martínez-¹; Juan Jacobo Paredes Heller ²

¹Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, Honduras, dulcevasquez@unitec.edu

²Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC, Honduras, jacoboparedesheller@unitec.edu

Resumen— Este artículo analiza si habilitadores de innovación, digitalización, esfuerzo en I+D, profundización financiera y capital humano avanzado se asocian con el crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) en Guatemala, Honduras y El Salvador durante 2000–2022. Se construye un panel anual con Penn World Table (PTF) se mide como variación logarítmica anual y World Development Indicators (usuarios de internet, crédito privado, matrícula terciaria e I+D cuando existe). El modelo base es de efectos fijos por país con errores estándar robustos y pruebas de robustez (rezagos y exclusión de años pandemia). Los resultados son consistentes con una asociación negativa y significativa del crédito privado con el crecimiento de la PTF, lo que sugiere posibles problemas de asignación del financiamiento. En cambio, la digitalización, la matrícula terciaria y la I+D muestran signos positivos pero menor robustez estadística, coherente con una dinámica de “adopción sin absorción”. Se discuten implicaciones de política para mejorar la calidad del crédito, fortalecer vínculos universidad empresa y desarrollar capacidades organizacionales complementarias.

Palabras clave — Productividad total de los factores, Digitalización, Innovación, Crédito al sector privado Datos de panel.

I. INTRODUCCIÓN

A. Antecedentes y fundamento

En las dos últimas décadas, la región del Triángulo Norte de Centroamérica ha experimentado avances importantes en conectividad digital, expansión educativa y profundización financiera; sin embargo, los incrementos en productividad agregada han sido más modestos y volátiles. Este contraste reabre una pregunta clásica: ¿por qué la adopción de tecnologías y la disponibilidad de recursos no se traducen necesariamente en aumentos sostenidos de eficiencia? La literatura sobre la “paradoja de la productividad” y, más recientemente, la economía de los intangibles sugiere que los retornos de la digitalización dependen de activos complementarios (software, datos, prácticas gerenciales, capacidades organizacionales) y de instituciones que incentiven competencia e innovación [1], [2], [3].

En economías emergentes, la digitalización puede expandirse principalmente como consumo y comunicación, sin transformarse en cambios productivos profundos si no existe absorción tecnológica en firmas, encadenamientos productivos y coordinación del sistema de innovación. Desde la perspectiva de capacidades de absorción, la tecnología eleva productividad cuando se combina con aprendizaje, inversión en habilidades, y rutinas organizacionales que permitan reorganizar procesos [4], [5]. A nivel macro, esto se vincula con la idea de misasignación: si recursos (incluido el crédito) se asignan a actividades de baja productividad o a firmas menos eficientes, la PTF puede estancarse incluso con mayor inversión [6].

El papel de las finanzas es particularmente relevante. En teoría, un sistema financiero profundo asigna recursos a proyectos productivos, reduce restricciones de liquidez e impulsa innovación. No obstante, evidencia internacional indica que el crecimiento del sector financiero puede “desplazar” actividad real cuando el crédito se orienta a usos de baja productividad o rentas [7], [8]. En América Latina, además, la calidad institucional, la estructura productiva y la concentración de mercados pueden limitar el efecto de la digitalización sobre productividad [9], [10].

En este contexto, el objetivo de este artículo es estimar empíricamente la relación entre digitalización, I+D, crédito al sector privado y capital humano avanzado con el crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) en Guatemala, Honduras y El Salvador durante 2000-2022. La contribución es doble: (i) proveer evidencia regional comparada con un marco de datos de panel que controla heterogeneidad estructural entre países [11], [12] y (ii) documentar un protocolo de tratamiento de series incompletas (especialmente I+D) para mantener transparencia y replicabilidad. La pregunta guía es: ¿qué habilitadores de innovación explican variaciones en la PTF en el Triángulo Norte y qué implicaciones de política se desprenden de los resultados?

B. Brecha de investigación, preguntas y objetivos

A pesar de la amplia literatura que analiza la relación entre educación, capital humano y crecimiento económico, la evidencia empírica para los países del Triángulo Norte de Centroamérica continúa siendo limitada y fragmentada. La mayoría de los estudios se ha concentrado en economías desarrolladas o en análisis agregados para América Latina, lo que reduce la comprensión de las dinámicas específicas que caracterizan a Guatemala, Honduras y El Salvador. Además, gran parte de estos trabajos utiliza el producto interno bruto como principal variable de resultado, dejando en un segundo plano el análisis de la Productividad Total de los Factores como medida de eficiencia económica [1], [2], [3].

Asimismo, los estudios existentes suelen abordar de manera aislada los efectos de la educación, la digitalización o el desarrollo financiero, sin considerar de forma conjunta sus posibles interacciones. Desde la perspectiva de la capacidad de absorción, la adopción tecnológica solo genera aumentos de productividad cuando se combina con aprendizaje organizacional, acumulación de conocimiento y rutinas internas que permitan reorganizar los procesos productivos [4], [5]. Sin embargo, estas condiciones no siempre están presentes en las economías del Triángulo Norte, lo que puede explicar la debilidad del vínculo entre digitalización e incrementos sostenidos de productividad.

A nivel macroeconómico, esta problemática se relaciona con la noción de misasignación de recursos, según la cual la asignación ineficiente de factores productivos, incluido el crédito, puede limitar el crecimiento de la Productividad Total de los Factores, incluso en contextos de mayor inversión agregada [6]. En este sentido, el desarrollo financiero no garantiza por sí mismo mejoras en la eficiencia productiva, especialmente cuando el crédito se orienta hacia actividades de baja productividad o sectores con escaso potencial innovador [7], [8].

En el contexto latinoamericano, factores institucionales, estructurales y productivos pueden profundizar estas limitaciones. Informes recientes señalan que la calidad institucional, la concentración de mercados y la débil articulación entre innovación y estructura productiva restringen el impacto de la digitalización sobre la productividad agregada [9], [10]. Estas brechas en la literatura justifican la necesidad de un análisis empírico que integre digitalización, innovación y desarrollo financiero en un mismo marco analítico.

En respuesta a esta brecha, el presente estudio se plantea como objetivo principal estimar empíricamente la relación entre la digitalización, la inversión en investigación y desarrollo, el crédito al sector privado y el capital humano avanzado con el crecimiento de la Productividad Total de los Factores en Guatemala, Honduras y El Salvador durante el período 2000 a 2022. La pregunta de investigación que guía el análisis es: ¿qué habilitadores de innovación explican las variaciones en la PTF en el Triángulo Norte de Centroamérica y qué implicaciones de política económica se derivan de estos resultados?.

Este estudio contribuye a la literatura empírica al analizar de manera conjunta la digitalización, la innovación, el desarrollo financiero y el capital humano como determinantes de la Productividad Total de los Factores en el contexto específico del Triángulo Norte de Centroamérica, mediante un enfoque de datos de panel que permite capturar la heterogeneidad estructural entre países. A diferencia de estudios previos que abordan estos factores de forma aislada o en contextos agregados, esta investigación aporta evidencia empírica regional que permite comprender la interacción entre dichos determinantes en economías en desarrollo.

C. Descripción general del contenido

El artículo se estructura de la siguiente manera. En la sección I se presenta la introducción, donde se expone el contexto del estudio, se identifica la brecha de investigación y se formulan los objetivos y la pregunta que orientan el análisis. La sección II desarrolla el marco conceptual, en el cual se revisa la literatura relevante sobre productividad, digitalización, innovación, desarrollo financiero y capacidad de absorción, y se plantean las hipótesis de investigación que sustentan el análisis empírico [1], [4], [5].

La sección III describe la metodología empleada en el estudio. En esta sección se detalla el diseño de la investigación, las fuentes de datos utilizadas, la construcción de las variables y la especificación econométrica con un marco de datos de panel que permite controlar la heterogeneidad no observable entre países, reduciendo sesgos de estimación asociados a factores estructurales constantes en el tiempo [11], [12]. Asimismo, se explica el tratamiento aplicado a las series incompletas, particularmente en la variable de investigación y desarrollo, con el fin de garantizar la transparencia y replicabilidad del análisis.

En la sección IV se presentan los resultados del análisis econométrico, acompañados de estadísticas descriptivas y tablas de estimación que permiten evaluar la relación entre la Productividad Total de los Factores y los principales habilitadores de innovación considerados en el estudio. Finalmente, la sección V discute los hallazgos a la luz de la literatura existente y presenta las conclusiones, destacando las implicaciones para la política económica y las posibles líneas de investigación futura.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El análisis de la Productividad Total de los Factores (PTF) ocupa un lugar central en la teoría del crecimiento económico, dado que permite evaluar la eficiencia con la que una economía combina sus factores productivos más allá de la mera acumulación de capital y trabajo. A diferencia de los indicadores tradicionales de crecimiento, la PTF captura el impacto de factores intangibles como el progreso tecnológico, la calidad institucional, la organización productiva y la eficiencia en la asignación de recursos. En este sentido, la PTF constituye una medida clave para comprender las diferencias de desempeño económico entre países y los límites del

crecimiento basado exclusivamente en la expansión de insumos [1], [2], [3].

Desde una perspectiva teórica, los enfoques de crecimiento endógeno y la economía de los intangibles sostienen que las mejoras sostenidas en productividad dependen de la capacidad de las economías para generar, adoptar y difundir conocimiento. Sin embargo, la evidencia empírica muestra que estos procesos no son automáticos y que su impacto sobre la PTF está condicionado por la existencia de activos complementarios y capacidades organizacionales que permitan transformar la adopción tecnológica en cambios productivos efectivos [2], [3]. Este marco resulta especialmente relevante para el análisis de economías en desarrollo, donde la incorporación de nuevas tecnologías suele preceder al fortalecimiento de dichas capacidades.

A. Digitalización, intangibles y productividad

La digitalización ha sido identificada como uno de los principales motores potenciales del crecimiento económico contemporáneo, al facilitar la reducción de costos de transacción, mejorar la coordinación entre agentes y ampliar el acceso a la información. No obstante, la literatura documenta la existencia de la denominada “paradoja de la productividad”, según la cual los avances tecnológicos no siempre se reflejan de forma inmediata en incrementos de productividad agregada [1]. Esta paradoja ha sido ampliamente analizada desde la óptica de la economía de los intangibles.

De acuerdo con este enfoque, la digitalización genera retornos productivos únicamente cuando se combina con activos complementarios tales como software, bases de datos, cambios organizacionales y prácticas gerenciales adecuadas. Estos activos requieren inversiones adicionales, procesos de aprendizaje y ajustes institucionales que no siempre acompañan a la adopción tecnológica, particularmente en economías con estructuras productivas poco diversificadas [2], [3]. En ausencia de estos elementos, la digitalización puede expandirse principalmente como una tecnología de consumo y comunicación, sin traducirse en mejoras significativas de la eficiencia productiva.

En el contexto del Triángulo Norte de Centroamérica, el aumento del acceso a internet y a tecnologías digitales ha sido notable durante las últimas décadas. Sin embargo, la persistencia de bajos niveles de productividad sugiere que la digitalización no ha sido plenamente integrada en los procesos productivos. Esta situación refuerza la necesidad de analizar empíricamente el vínculo entre digitalización y PTF, considerando las limitaciones estructurales e institucionales propias de la región.

B. Innovación, capital humano y capacidad de absorción

La innovación constituye un elemento central en las teorías modernas del crecimiento económico, al permitir la introducción de nuevos productos, procesos y métodos organizacionales. En este marco, la inversión en investigación y desarrollo (I+D) y la acumulación de capital humano avanzado son factores clave para impulsar la eficiencia

productiva. Sin embargo, el impacto de la innovación sobre la PTF depende de la capacidad de las economías para absorber y explotar el conocimiento disponible [4].

El concepto de capacidad de absorción se refiere a la habilidad de las organizaciones para identificar, asimilar y aplicar conocimiento externo, y está estrechamente vinculado al nivel educativo de la fuerza laboral, al aprendizaje organizacional y a la existencia de rutinas productivas eficientes [4], [5]. En economías donde estas condiciones son débiles, la innovación puede no traducirse en incrementos sostenidos de productividad, incluso cuando existe acceso a tecnologías externas o conocimiento importado.

En el Triángulo Norte de Centroamérica, los niveles de gasto en I+D son relativamente bajos y presentan alta volatilidad, lo que limita la generación de innovación endógena. En este contexto, la educación terciaria adquiere un papel relevante como mecanismo para fortalecer la capacidad de absorción y facilitar la adopción tecnológica. No obstante, cuando la formación del capital humano no está alineada con las necesidades del sector productivo, su impacto sobre la Productividad Total de los Factores puede resultar limitado, reforzando la brecha entre adopción tecnológica y eficiencia productiva.

C. Desarrollo financiero, crédito y asignación de recursos

El desarrollo del sistema financiero ha sido tradicionalmente considerado un determinante del crecimiento económico, al facilitar la movilización del ahorro y su asignación hacia proyectos productivos. Un mayor acceso al crédito puede aliviar restricciones de liquidez, promover la inversión en capital físico y tecnológico, y estimular la innovación empresarial [8]. Sin embargo, la relación entre desarrollo financiero y productividad no es necesariamente positiva en todos los contextos.

La literatura reciente destaca que, en presencia de fallas institucionales y regulatorias, el crecimiento del crédito puede conducir a una mala asignación de recursos, orientando el financiamiento hacia actividades de baja productividad o sectores con escaso potencial innovador. Este fenómeno puede reducir la eficiencia agregada y limitar el crecimiento de la Productividad Total de los Factores [6], [7]. En estos casos, la profundización financiera puede incluso tener efectos negativos sobre la productividad.

En América Latina, diversos informes institucionales subrayan que la calidad del entorno institucional, la concentración de los mercados financieros y la estructura productiva condicionan el impacto del crédito sobre el crecimiento y la productividad [9], [10]. En el Triángulo Norte, estas características hacen especialmente relevante analizar no solo la profundidad financiera, sino también la calidad de la asignación del crédito, justificando su inclusión como una variable central en el análisis empírico del presente estudio.

D. Hipótesis de investigación

A partir del marco conceptual desarrollado, se plantean las siguientes hipótesis de investigación, orientadas a evaluar empíricamente los determinantes de la Productividad Total de los Factores en el Triángulo Norte de Centroamérica:

La primera hipótesis establece que la digitalización se asocia positivamente con el crecimiento de la Productividad Total de los Factores, en la medida en que su adopción facilite mejoras en la eficiencia productiva cuando existen activos complementarios adecuados.

La segunda hipótesis sostiene que la inversión en investigación y desarrollo y el capital humano avanzado tienen un efecto positivo sobre la Productividad Total de los Factores, al fortalecer la capacidad de absorción y la adopción efectiva de tecnologías.

La tercera hipótesis plantea que el desarrollo financiero influye en la Productividad Total de los Factores, pudiendo presentar un efecto negativo en contextos donde el crédito se asigna de manera ineficiente hacia actividades de baja productividad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta sección describe el enfoque metodológico utilizado para analizar empíricamente los determinantes de la Productividad Total de los Factores en el Triángulo Norte de Centroamérica. En coherencia con el marco conceptual y las hipótesis planteadas, el estudio adopta un enfoque cuantitativo basado en modelos de datos de panel, lo que permite evaluar la relación entre digitalización, innovación, desarrollo financiero y productividad, controlando la heterogeneidad estructural no observable entre países y a lo largo del tiempo. Asimismo, se detallan las fuentes de información, la construcción de las variables, la especificación econométrica, el tratamiento de datos faltantes y los procedimientos de validación del modelo, siguiendo estándares metodológicos aceptados en la literatura empírica [11], [12].

A. Diseño y enfoque de la investigación

El estudio utiliza un diseño cuantitativo, no experimental y longitudinal, con una estructura de datos de panel anual. La unidad de análisis corresponde a los países de Guatemala, Honduras y El Salvador, observados durante el período 2000–2022. El uso de datos de panel resulta particularmente adecuado para el análisis del Triángulo Norte, dado que permite controlar factores no observables específicos de cada país como características institucionales, productivas y estructurales que permanecen relativamente constantes en el tiempo y que podrían sesgar las estimaciones si no se consideran explícitamente [11], [12].

B. Datos, variables y fuentes de información

La base de datos se construyó a partir de fuentes estadísticas internacionales reconocidas. La Productividad Total de los Factores se obtuvo de la Penn World Table, mientras que los indicadores de digitalización, crédito al sector

privado y educación terciaria se extrajeron de los World Development Indicators del Banco Mundial. La información correspondiente al gasto en investigación y desarrollo proviene del Instituto de Estadística de la UNESCO (UIS).

La Tabla 1 presenta la definición de las variables utilizadas en el análisis, incluyendo su proxy empírico, unidad de medida y fuente de información. Esta tabla cumple una función central en la replicabilidad del estudio, al permitir identificar con precisión la construcción de cada variable empleada en el modelo econométrico.

TABLA 1
DEFINICIÓN DE VARIABLES Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Variable	Símbolo	Definición operativa	Unidad de medida	Fuente
Crecimiento de la Productividad Total de los Factores	$\Delta \ln(\text{PTF})$	Variación anual de la productividad total de los factores	Logaritmo (variación anual)	Penn World Table
Digitalización	Digital	Porcentaje de usuarios de internet sobre la población total	Porcentaje (%)	World Development Indicators (Banco Mundial)
Innovación	I+D	Gasto en investigación y desarrollo como proporción del PIB	Porcentaje del PIB (%)	UNESCO Institute for Statistics
Desarrollo financiero	Crédito	Crédito interno otorgado al sector privado como proporción del PIB	Porcentaje del PIB (%)	World Development Indicators (Banco Mundial)
Capital humano avanzado	EduTer	Tasa bruta de matrícula en educación superior	Porcentaje (%)	World Development Indicators (Banco Mundial)

C. Especificación econométrica del modelo

El análisis empírico se basa en un modelo de crecimiento de la Productividad Total de los Factores estimado mediante datos de panel. La especificación general del modelo se expresa como:

$$Y_{it} = \beta X_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

donde Y_{it} representa la variable dependiente, X_{it} el vector de variables explicativas, α_i los efectos específicos no observados de cada país y ε_{it} el término de error idiosincrático [11].

A partir de esta formulación, el modelo empírico específico se define como:

$$\Delta \ln(\text{PTF}_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Digital}_{it} + \beta_2 \text{I+D}_{it} + \beta_3 \text{Credito}_{it} + \beta_4 \text{EduTer}_{it} + \eta_i + \mu_{it} \quad (2)$$

Esta especificación permite contrastar las hipótesis planteadas en la sección II, evaluando el efecto de la digitalización, la innovación, el desarrollo financiero y el capital humano sobre la PTF. No obstante, se reconoce la posible endogeneidad derivada de causalidad inversa u omisión de variables. Para mitigarla, se incorporan rezagos en las pruebas de robustez, lo que reduce el sesgo de simultaneidad. Los resultados mantienen consistencia en los coeficientes, sugiriendo que la endogeneidad no altera de forma sustantiva las conclusiones del estudio [11], [12]. En este sentido, se reconoce la importancia de controlar efectos comunes en el tiempo que pueden afectar simultáneamente a los tres países analizados, como crisis internacionales, choques macroeconómicos, cambios regionales o el impacto de la pandemia. Por ello, además del modelo base con efectos fijos por país, se estimaron especificaciones complementarias con efectos fijos por tiempo para evaluar la estabilidad de los resultados. Este procedimiento permite verificar si los hallazgos principales se mantienen al controlar factores temporales compartidos por Guatemala, Honduras y El Salvador [11], [12].

D. Tratamiento de datos faltantes y transformaciones

La variable de gasto en investigación y desarrollo presenta observaciones incompletas para algunos países y años, una limitación frecuente en estudios empíricos aplicados a economías en desarrollo. Para abordar este problema, se implementó un protocolo transparente de interpolación e imputación conservadora, siguiendo las recomendaciones metodológicas de la literatura especializada [15]. Este procedimiento permite preservar la mayor cantidad de información posible sin alterar las tendencias estructurales de las series y garantiza la replicabilidad del análisis.

Adicionalmente, las variables se expresaron en logaritmos naturales cuando correspondía, con el fin de reducir problemas de heterocedasticidad y facilitar la interpretación de los coeficientes estimados [8], [11].

E. Estrategia de estimación y validación

La estimación del modelo se realizó mediante efectos fijos, dada la posible correlación entre los efectos no observables de los países y las variables explicativas. Esta elección se validó empíricamente mediante la prueba de Hausman, cuyos resultados respaldan el uso de efectos fijos frente a efectos aleatorios [11], [12].

Asimismo, se realizaron pruebas de autocorrelación y heterocedasticidad, identificándose la necesidad de emplear errores estándar robustos. En consecuencia, las estimaciones finales utilizan errores estándar robustos a heterocedasticidad y autocorrelación. Como análisis de robustez, se estimaron especificaciones alternativas excluyendo años atípicos y considerando rezagos de las variables explicativas, con el fin de verificar la estabilidad de los resultados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Resultados

Esta sección presenta los principales resultados empíricos del análisis econométrico realizado para evaluar los determinantes del crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) en el Triángulo Norte de Centroamérica durante el período 2000-2022. El análisis se basa en un panel anual para Guatemala, Honduras y El Salvador, estimado mediante un modelo de efectos fijos con errores estándar robustos, en coherencia con la metodología descrita en la sección anterior [13], [14].

La Tabla 2 presenta las estadísticas descriptivas de las variables incluidas en el modelo. Los resultados evidencian una elevada heterogeneidad tanto entre países como a lo largo del tiempo. En particular, la variación anual de la PTF muestra un comportamiento volátil, con episodios de crecimiento y contracción asociados a choques macroeconómicos regionales y globales. Las mayores caídas en la PTF se observan en los años de crisis, especialmente durante la crisis financiera internacional de 2009 y la contracción económica asociada a la pandemia en 2020, mientras que se registran recuperaciones parciales en los años posteriores [15], [16].

Este comportamiento es consistente con evidencia previa que muestra una alta sensibilidad de la productividad agregada a shocks externos en economías con estructuras productivas frágiles y limitada diversificación [17], [18].

TABLA 2
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL PANEL (2000–2022)

Variable	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	N
Crecimiento anual de la Productividad Total de los Factores (PTF)	-0.00047	0.010629	-0.03266	0.034837	69
Usuarios de internet como porcentaje de la población (digitalización)	21.079	18.14	0.712	65.53	69
Gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB	0.067697	0.057494	0.01497	0.4009	69
Crédito interno al sector privado como porcentaje del PIB	45.208	13.03	21.562	71.23	66
Matrícula bruta en educación superior (capital humano avanzado)	20.136	5.379	9.141	30.819	66

En cuanto a las variables explicativas, la digitalización medida a través del porcentaje de usuarios de internet sobre la población presenta una tendencia creciente sostenida en los tres países, aunque partiendo de niveles muy bajos a inicios del período. Este patrón coincide con diagnósticos regionales que señalan una rápida expansión del acceso digital sin una incorporación equivalente en los procesos productivos [19], [20]. El gasto en investigación y desarrollo se caracteriza por

niveles reducidos y alta volatilidad, lo que refleja las debilidades estructurales de los sistemas nacionales de innovación en Centroamérica [21].

Los coeficientes estimados indican que el crédito interno al sector privado presenta una relación negativa y estadísticamente significativa con el crecimiento de la Productividad Total de los Factores. Este resultado sugiere que, en el contexto del Triángulo Norte, la expansión del crédito no se ha traducido en mejoras de eficiencia productiva, lo que apunta a posibles problemas de asignación de recursos hacia actividades de baja productividad [22].

La Tabla 3 reporta los resultados de la estimación del modelo de datos de panel con efectos fijos, donde la variable dependiente es el crecimiento anual de la Productividad Total de los Factores. Los coeficientes estimados indican que el crédito interno al sector privado presenta una relación negativa y estadísticamente significativa con el crecimiento de la PTF. Este resultado sugiere que, en el contexto del Triángulo Norte, la expansión del crédito no se ha traducido en mejoras de eficiencia productiva, lo que apunta a posibles problemas de asignación de recursos hacia actividades de baja productividad, un fenómeno documentado previamente para economías emergentes y países de ingreso medio [23], [24].

TABLA 3
MODELO DE DATOS DE PANEL CON EFECTOS FIJOS POR PAÍS (ERRORES ROBUSTOS HC1)

Variable	Coef.	EE robusto	z	p-valor
Usuarios de internet como porcentaje de la población (digitalización)	0.00019	0.000225	0.844	0.3989
Gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB	0.10139	0.028067	3.612	0.0003
Crédito interno al sector privado como porcentaje del PIB	-0.00118	0.000344	-3.426	0.0006
Matrícula bruta en educación superior (capital humano avanzado)	0.000648	0.000587	1.105	0.2693

Por su parte, la digitalización muestra un coeficiente positivo, aunque estadísticamente no significativo. Este resultado indica que el aumento del acceso a tecnologías digitales, por sí solo, no ha sido suficiente para generar incrementos sostenidos en la productividad agregada, un hallazgo coherente con estudios que señalan la existencia de una brecha entre adopción tecnológica y uso productivo efectivo de las tecnologías digitales [25], [26].

El gasto en investigación y desarrollo presenta un efecto positivo sobre el crecimiento de la PTF, lo que respalda la importancia de la innovación como motor de eficiencia productiva. Sin embargo, la magnitud del coeficiente y su

limitada significancia reflejan los bajos niveles de inversión en I+D observados en la región, consistentes con evidencia empírica para países con sistemas de innovación incipientes [27]. Finalmente, la matrícula en educación superior exhibe un efecto positivo, sugiriendo que el capital humano avanzado actúa como un factor complementario relevante, aunque insuficiente por sí solo para impulsar incrementos sostenidos de productividad [28].

La Fig. 1 muestra la evolución anual del crecimiento de la Productividad Total de los Factores en Guatemala, Honduras y El Salvador, evidenciando trayectorias diferenciadas entre países y una marcada volatilidad interanual, lo que refuerza la pertinencia del enfoque de efectos fijos para capturar heterogeneidad estructural no observable [14].

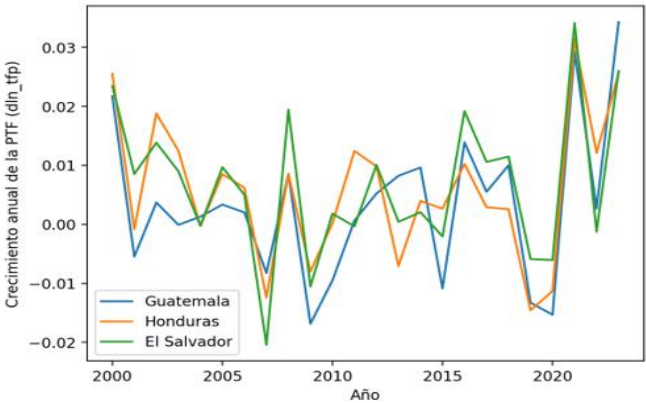


Fig. 1 Evolución anual del crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) en el Triángulo Norte de Centroamérica (2000–2022)

Asimismo, la Fig. 2 ilustra la relación entre el crédito al sector privado y el crecimiento de la PTF, mostrando una asociación negativa en promedio, consistente con la evidencia econométrica y con estudios que documentan efectos adversos de la profundización financiera cuando existen fallas en la asignación del crédito [23], [24]. Complementariamente, la Fig. 3 muestra que la relación entre digitalización y crecimiento de la PTF es débilmente positiva pero altamente dispersa, lo que respalda la interpretación de una adopción tecnológica sin absorción productiva efectiva [25], [26].

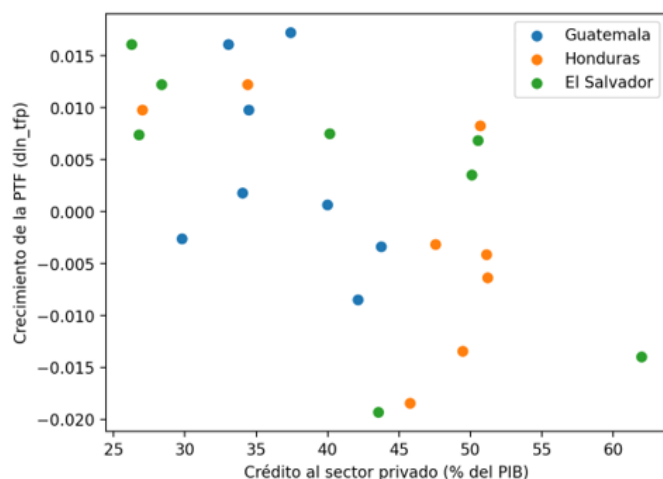


Fig. 2 Relación entre crédito al sector privado y crecimiento de la PTF

Complementariamente se observa en la Fig. 3 la relación entre digitalización y crecimiento de la PTF se observa débilmente positiva, pero con alta dispersión. Esto es compatible con un escenario de “adopción sin absorción”: el aumento en usuarios de internet no se traduce de forma automática en procesos productivos más eficientes si faltan capacidades organizacionales, I+D aplicada y vínculos universidad–empresa. Por ello, en la estimación econométrica la digitalización conserva el signo esperado, pero no alcanza significancia estadística.

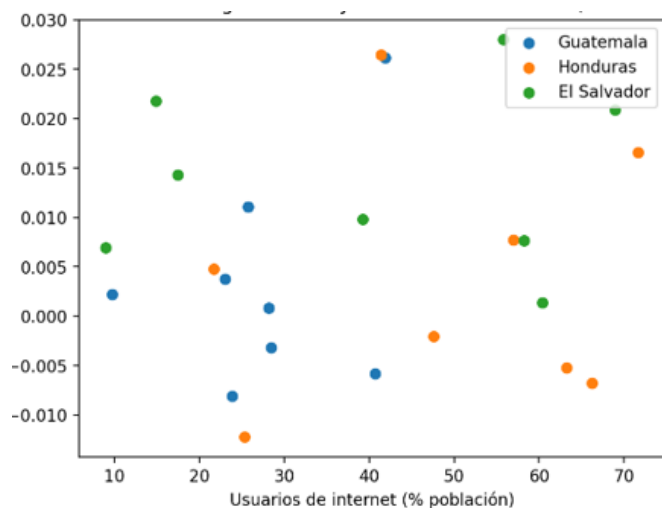


Fig. 3 Relación entre digitalización y crecimiento de la PTF

B. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio permiten profundizar en la comprensión de los determinantes de la Productividad Total de los Factores (PTF) en economías en desarrollo, específicamente en el Triángulo Norte de Centroamérica. En línea con la brecha de investigación identificada en la introducción, los hallazgos confirman que la mera expansión de habilitadores tradicionales del crecimiento

como la digitalización o el crédito no garantiza incrementos sostenidos de eficiencia productiva, sino que su impacto depende críticamente de factores estructurales, institucionales y de capacidad de absorción, tal como lo anticipa la literatura sobre economía de los intangibles y crecimiento endógeno [1], [2], [3].

Uno de los resultados más relevantes del análisis empírico es la relación negativa y estadísticamente significativa entre el crédito interno al sector privado y el crecimiento de la PTF. Este hallazgo respalda la hipótesis de que, en contextos donde existen fallas institucionales, debilidades regulatorias y estructuras productivas poco diversificadas, la profundización financiera puede conducir a una asignación ineficiente de los recursos productivos. En particular, el crédito tiende a orientarse hacia actividades de bajo contenido tecnológico, sectores protegidos o usos rentistas, lo que limita su contribución a mejoras de eficiencia agregada [6], [7], [8]. Este resultado es consistente con la noción de misasignación de recursos, según la cual la acumulación de capital en firmas o sectores menos productivos reduce el crecimiento potencial de la PTF incluso en presencia de mayores niveles de inversión.

La evidencia obtenida resulta especialmente relevante para el Triángulo Norte, donde el sistema financiero ha experimentado un proceso de expansión gradual durante el periodo analizado, sin que ello se haya traducido en un aumento proporcional de la productividad. Este patrón sugiere que las políticas orientadas exclusivamente a ampliar el acceso al crédito pueden ser insuficientes o incluso contraproducentes si no se acompañan de mecanismos que mejoren la calidad de la intermediación financiera, fortalezcan la evaluación de proyectos productivos y promuevan la canalización del financiamiento hacia actividades con mayor potencial innovador y tecnológico [9], [10].

En cuanto a la digitalización, los resultados muestran un coeficiente positivo, pero estadísticamente no significativo en la mayoría de las especificaciones. Este hallazgo refuerza la existencia de una “paradoja digital” en la región, en la cual el aumento del acceso a internet y a tecnologías de la información no se traduce automáticamente en incrementos de productividad agregada. Tal como plantea la literatura sobre economía de los intangibles, la digitalización genera retornos productivos únicamente cuando se combina con activos complementarios como prácticas gerenciales avanzadas, reorganización de procesos productivos, capital humano calificado y marcos institucionales adecuados [1], [2], [3]. En ausencia de estos elementos, la tecnología tiende a expandirse principalmente como un bien de consumo y comunicación, con efectos limitados sobre la eficiencia productiva.

Este resultado es coherente con la evidencia observada en los tres países analizados, donde el crecimiento del uso de internet ha sido significativo, pero no ha ido acompañado de transformaciones estructurales profundas en los sistemas productivos. En este sentido, los hallazgos sugieren que la digitalización, por sí sola, no constituye un motor autónomo de crecimiento de la PTF, sino un factor complementario cuyo

impacto depende de la capacidad de las economías para absorber, adaptar y explotar las tecnologías disponibles [4], [5].

El gasto en investigación y desarrollo (I+D) presenta un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre el crecimiento de la PTF, lo que confirma la hipótesis asociada al papel de la innovación como determinante de la eficiencia productiva. No obstante, la magnitud de este efecto debe interpretarse con cautela, dado que los niveles de inversión en I+D en el Triángulo Norte son bajos y altamente volátiles. Esta situación limita la generación de innovación endógena y reduce la posibilidad de consolidar procesos sostenidos de mejora tecnológica [4], [5]. Aun así, el resultado empírico sugiere que incluso incrementos modestos en el esfuerzo innovador pueden generar retornos positivos sobre la productividad cuando se canalizan adecuadamente.

De manera complementaria, la matrícula en educación superior muestra un coeficiente positivo, aunque sin alcanzar significancia estadística robusta. Este resultado indica que el capital humano avanzado actúa como un habilitador necesario, pero no suficiente para impulsar el crecimiento de la PTF. La literatura sobre capacidad de absorción señala que la educación terciaria contribuye a mejorar la adopción tecnológica y el aprendizaje organizacional, pero su impacto depende de la articulación efectiva entre el sistema educativo, el sector productivo y los sistemas de innovación [4], [5]. En economías donde esta articulación es débil, el capital humano puede no encontrar oportunidades productivas acordes a su nivel de formación, reduciendo su efecto sobre la productividad agregada.

En conjunto, los resultados del estudio confirman que los determinantes de la Productividad Total de los Factores operan de manera interdependiente y que su impacto está condicionado por la calidad de las instituciones, la estructura productiva y la eficiencia en la asignación de recursos. Desde una perspectiva de política económica, los hallazgos sugieren que las estrategias orientadas a promover el crecimiento de la productividad en el Triángulo Norte deben ir más allá de la expansión del crédito y el acceso a tecnologías digitales, incorporando políticas integrales que fortalezcan los sistemas de innovación, mejoren la calidad de la intermediación financiera y alineen la formación de capital humano con las necesidades del aparato productivo.

Finalmente, esta investigación cumple con la brecha identificada en la sección introductoria al proporcionar evidencia empírica específica para Guatemala, Honduras y El Salvador, integrando digitalización, innovación, desarrollo financiero y capital humano en un mismo marco analítico. Asimismo, los resultados permiten evaluar de manera clara las hipótesis planteadas: se confirma la hipótesis relativa al efecto positivo de la innovación, se valida la relación negativa entre crédito y productividad en contextos de misasignación, y se encuentra evidencia parcial a favor del rol del capital humano, mientras que la hipótesis de un efecto directo de la digitalización sobre la PTF no recibe respaldo empírico. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de un enfoque estructural y

sistémico para comprender y promover el crecimiento de la productividad en economías en desarrollo.

El estudio presenta algunas consideraciones relevantes para la interpretación de los resultados. En primer lugar, el análisis se enfoca específicamente en Guatemala, Honduras y El Salvador, en línea con el interés por examinar las dinámicas del Triángulo Norte de Centroamérica, lo que implica que los resultados no son directamente generalizables a otros contextos. Asimismo, la disponibilidad de datos, particularmente en el caso de la inversión en I+D, requirió la aplicación de procedimientos de interpolación bajo criterios conservadores, orientados a preservar la consistencia de las series y minimizar posibles sesgos en las estimaciones. Finalmente, aunque se incorporaron estrategias para mitigar la endogeneidad, esta no puede descartarse completamente, por lo que futuras investigaciones podrían ampliar el alcance geográfico o emplear metodologías econométricas más avanzadas.

V. CONCLUSIONES

El presente estudio analizó empíricamente los determinantes del crecimiento de la Productividad Total de los Factores (PTF) en Guatemala, Honduras y El Salvador durante el período 2000–2022, con énfasis en el papel de la digitalización, la innovación, el desarrollo financiero y el capital humano avanzado. A partir de un modelo de datos de panel con efectos fijos, los resultados permiten extraer conclusiones relevantes tanto desde una perspectiva académica como de política económica, contribuyendo a la literatura sobre productividad en economías en desarrollo.

En primer lugar, los resultados evidencian que el crecimiento de la PTF en el Triángulo Norte ha sido heterogéneo y altamente volátil, con episodios de expansión y contracción asociados a choques macroeconómicos regionales y globales. Esta dinámica confirma que el crecimiento económico en la región no ha estado sustentado en mejoras sostenidas de eficiencia productiva, sino que continúa dependiendo en gran medida de factores coyunturales y de la acumulación de insumos, lo que limita su sostenibilidad en el largo plazo.

En relación con la digitalización, los resultados muestran que, si bien el acceso a internet y a tecnologías digitales ha aumentado de manera significativa en los tres países analizados, su efecto directo sobre el crecimiento de la Productividad Total de los Factores no resulta estadísticamente significativo. Este hallazgo confirma la existencia de una paradoja digital en el Triángulo Norte, donde la adopción tecnológica no se traduce automáticamente en mejoras de eficiencia productiva. Ello sugiere que la digitalización, por sí sola, es insuficiente para impulsar la productividad si no está acompañada de activos complementarios, capacidades organizacionales, marcos institucionales adecuados y una integración efectiva de la tecnología en los procesos productivos.

En cuanto a la innovación, medida a través del gasto en investigación y desarrollo, los resultados indican un efecto positivo sobre el crecimiento de la PTF, aunque limitado por los bajos niveles y la alta volatilidad de esta inversión en la región. Esta evidencia confirma que la innovación constituye un habilitador clave de la productividad, pero que su impacto se ve restringido cuando los sistemas nacionales de innovación presentan debilidades estructurales, escasa articulación con el sector productivo y una reducida capacidad para generar conocimiento aplicado.

Respecto al capital humano avanzado, los resultados sugieren un efecto positivo sobre la productividad, aunque de magnitud moderada. La expansión de la educación superior contribuye a fortalecer la capacidad de absorción tecnológica y el aprendizaje organizacional; sin embargo, su impacto resulta insuficiente cuando la formación del capital humano no está alineada con las necesidades productivas, tecnológicas e innovadoras de las economías analizadas. Esto refuerza la idea de que la educación superior es una condición necesaria, pero no suficiente, para impulsar incrementos sostenidos en la Productividad Total de los Factores.

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio es la relación negativa y estadísticamente significativa entre el crédito interno al sector privado y el crecimiento de la PTF. Este resultado sugiere que la profundización financiera en el Triángulo Norte no ha estado acompañada de una asignación eficiente de los recursos, y que una parte importante del crédito se ha orientado hacia actividades de baja productividad o con escaso contenido tecnológico. En este sentido, el desarrollo financiero, lejos de actuar como un motor de eficiencia, puede convertirse en un factor que limite el crecimiento de la productividad cuando existen fallas institucionales y regulatorias.

En conjunto, los resultados permiten dar cumplimiento a la brecha de investigación identificada en la introducción, al proporcionar evidencia empírica específica para el Triángulo Norte de Centroamérica sobre la interacción entre digitalización, innovación, desarrollo financiero y productividad. Asimismo, el estudio responde a la pregunta de investigación planteada, demostrando que los habilitadores de innovación no operan de manera aislada y que su efectividad depende críticamente de la calidad del entorno institucional y de la asignación eficiente de los recursos productivos.

Desde la perspectiva de las hipótesis de investigación, los resultados confirman parcialmente la hipótesis asociada a la innovación y al capital humano avanzado, confirman la hipótesis de un efecto negativo del desarrollo financiero sobre la productividad en contextos de mala asignación del crédito, y rechazan la hipótesis de un efecto positivo directo de la digitalización sobre el crecimiento de la PTF. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de un enfoque integral para el análisis de la productividad en economías en desarrollo.

Finalmente, desde el punto de vista de política económica, los resultados sugieren que las estrategias orientadas a mejorar la productividad en el Triángulo Norte deben ir más allá de la simple expansión del acceso digital o del crédito. Es

fundamental fortalecer la calidad de la intermediación financiera, promover sistemas de innovación más articulados, mejorar los marcos institucionales y alinear la formación del capital humano con las demandas del sector productivo. Solo a través de políticas integrales y coordinadas será posible transformar los avances en digitalización, educación y financiamiento en mejoras sostenidas de la Productividad Total de los Factores y del crecimiento económico de largo plazo.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Se agradece al Grupo de Investigación en Economía y Empresa de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) por el apoyo académico y la orientación brindada durante el desarrollo de esta investigación. Su acompañamiento metodológico y su compromiso con la excelencia científica fueron fundamentales para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] E. Brynjolfsson and L. M. Hitt, "Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance," *Journal of Economic Perspectives*, vol. 14, no. 4, pp. 23–48, 2000.
- [2] C. Corrado, C. Hulten, and D. Sichel, "Intangible capital and U.S. economic growth," *Review of Income and Wealth*, vol. 55, no. 3, pp. 661–685, 2009.
- [3] J. Haskel and S. Westlake, *Capitalism without Capital: The Rise of the Intangible Economy*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 2018.
- [4] W. M. Cohen and D. A. Levinthal, "Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation," *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, no. 1, pp. 128–152, 1990.
- [5] R. R. Nelson and S. G. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA, USA: Harvard University Press, 1982.
- [6] C.-T. Hsieh and P. J. Klenow, "Misallocation and manufacturing TFP in China and India," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 124, no. 4, pp. 1403–1448, 2009.
- [7] S. G. Cecchetti and E. Kharroubi, "Why does financial sector growth crowd out real economic growth?" *Journal of Finance*, vol. 70, no. 2, pp. 507–550, 2015.
- [8] R. Levine, "Finance and growth: Theory and evidence," in *Handbook of Economic Growth*, vol. 1A, P. Aghion and S. Durlauf, Eds. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2005, pp. 865–934.
- [9] Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), *Productivity in Latin America and the Caribbean: Structural Gaps and Policy Challenges*. Santiago, Chile, 2022. [Online]. Available: <https://www.cepal.org> Accessed: Jan. 2026.
- [10] World Bank, *World Development Report 2020: Trading for Development in the Age of Global Value Chains*. Washington, DC, USA, 2020. [Online]. Available: <https://www.worldbank.org> Accessed: Jan. 2026.
- [11] B. H. Baltagi, *Econometric Analysis of Panel Data*, 6th ed. Cham, Switzerland: Springer, 2021.
- [12] J. M. Wooldridge, *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, 2nd ed. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 2010.
- [13] P. Aghion and P. Howitt, *Endogenous Growth Theory*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1998.
- [14] R. J. Barro, "Economic growth in a cross section of countries," *Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, no. 2, pp. 407–443, 1991.
- [15] UNESCO Institute for Statistics, *Research and Development Data*. Montreal, Canada, 2023.

- [Online]. Available: <https://uis.unesco.org>
Accessed: Jan. 2026.
- [16] Penn World Table, “Penn World Table version 10.0,” Groningen Growth and Development Centre, 2021.
[Online]. Available: <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/>
Accessed: Jan. 2026.
- [17] World Bank, World Development Indicators. Washington, DC, USA, 2023.
[Online]. Available: <https://databank.worldbank.org>
Accessed: Jan. 2026.
- [18] D. Acemoglu, “Directed technical change,” *Review of Economic Studies*, vol. 69, no. 4, pp. 781–809, 2002.
- [19] D. Acemoglu and J. A. Robinson, *Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty*. New York, NY, USA: Crown Publishers, 2012.
- [20] M. McMillan, D. Rodrik, and Í. Verduzco-Gallo, “Globalization, structural change, and productivity growth,” *World Development*, vol. 63, pp. 11–32, 2014.
- [21] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Measuring the Digital Transformation*. Paris, France, 2019.
[Online]. Available: <https://www.oecd.org>
Accessed: Jan. 2026.
- [22] OECD, *Innovation, Productivity and Sustainability in Latin America*. Paris, France, 2021.
[Online]. Available: <https://www.oecd.org/latin-america>
Accessed: Jan. 2026.
- [23] R. M. Solow, “Technical change and the aggregate production function,” *Review of Economics and Statistics*, vol. 39, no. 3, pp. 312–320, 1957.
- [24] D. Rodrik, *Structural Change, Fundamentals, and Growth*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 2016.
- [25] J. A. Schumpeter, *The Theory of Economic Development*. Cambridge, MA, USA: Harvard University Press, 1934.
- [26] M. Dutz, S. O’Connell, and R. Willig, “Technology, market structure, and productivity,” *Journal of Economic Perspectives*, vol. 26, no. 1, pp. 3–22, 2012.
- [27] J. G. Fernald, “Productivity and potential output before, during, and after the Great Recession,” *NBER Macroeconomics Annual*, vol. 29, pp. 1–51, 2014.
- [28] International Monetary Fund (IMF), *Financial Development Index Database*. Washington, DC, USA, 2022.
[Online]. Available: <https://www.imf.org/en/Data>
Accessed: Jan. 2026.