

Impulsores de la innovación y la competitividad en pequeñas y medianas empresas: un análisis exhaustivo de la región de América Latina y el Caribe

Lemuel Kenneth David, Jianling Wang,
Adama Theresa Lazarus y Vanessa Angel¹

Recibido: 02/07/2024
Aceptado: 21/07/2025

Resumen

En este estudio se analizan los principales impulsores de la innovación y la competitividad en las pequeñas y medianas empresas (pymes) en América Latina y el Caribe entre 2006 y 2023. Mediante una regresión de datos de panel (efectos fijos y aleatorios) y modelos de aprendizaje automático, se identifican los factores que más favorecen la innovación de las pymes. La estabilidad política también juega un papel positivo, mientras que la inflación y la corrupción limitan considerablemente el desempeño. Se integra la teoría clásica de la innovación con nuevas perspectivas de economías asiáticas, destacándose el papel de la cultura política en la resiliencia de las pymes.

Palabras clave

Pequeñas y medianas empresas, innovaciones tecnológicas, competitividad, medición, análisis de datos, modelos econométricos, estadísticas económicas, desarrollo económico, América Latina y el Caribe

Clasificación JEL

O31, O32, L25, O54, C23

Autores

Lemuel Kenneth David es Doctorando del Departamento de Contabilidad y Finanzas de la Escuela de Gestión de la Universidad Jiaotong de Xi'an (China). Correo electrónico: Lemuel_david145@stu.xjtu.edu.cn.

Jianling Wang es Profesor del Departamento de Contabilidad y Finanzas de la Escuela de Gestión de la Universidad Jiaotong de Xi'an (China). Correo electrónico: wangjl@xjtu.edu.cn.

Adama Theresa Lazarus es Doctoranda en la Escuela de Marxismo de la Universidad Jilin (China). Correo electrónico: lazarus24@mails.jlu.edu.cn y lazarusadama77@gmail.com.

Vanessa Angel es Profesora del Departamento de Economía y Finanzas de la Universidad de West Chester, Estados Unidos. Correo electrónico: awestchester5@gmail.com.

¹ La investigación presentada en este artículo contó con el financiamiento de la Fundación Nacional de Ciencias Sociales de China (número de subvención: 21BGL183).

I. Introducción

Las pequeñas y medianas empresas (pymes) son componentes vitales del panorama económico de América Latina y el Caribe, ya que contribuyen de manera considerable al empleo, la innovación y el producto interno bruto (PIB) (Phillips et al., 2024). Según las definiciones utilizadas habitualmente por el Banco Mundial y los organismos regionales de estadística, las pymes por lo general tienen menos de 250 empleados y un volumen de negocios anual inferior a los umbrales nacionales. En varios países de América Latina y el Caribe, por ejemplo, una pequeña empresa puede definirse como aquella que tiene entre 10 y 49 empleados, mientras que las medianas tienen entre 50 y 249. Estas definiciones, aunque varían ligeramente según la jurisdicción, ofrecen una base coherente para efectuar un análisis comparativo a nivel regional. Las pymes suelen abarcar todo un abanico de estructuras, desde formales hasta informales, lo que hace que su dinámica sea especialmente compleja en el contexto regional.

Además, las pymes no son un grupo monolítico, sino que varían mucho de un sector a otro, con una fuerte representación en la industria manufacturera, la agricultura, el comercio minorista y, sobre todo, los servicios. Las pymes informales —a menudo excluidas de los registros oficiales— desempeñan un papel especialmente relevante en la generación de empleo e ingresos en las economías latinoamericanas y caribeñas. Esta diversidad sectorial repercute en las estrategias de innovación y el acceso a los recursos, ya que las empresas de diferentes industrias enfrentan distintas barreras regulatorias, tecnológicas y de mercado (Chung y Tan, 2017).

Pese a desempeñar un papel fundamental, las pymes de la región enfrentan retos persistentes e interrelacionados, entre los que se incluyen el acceso limitado a mecanismos de financiamiento, infraestructuras físicas y digitales inadecuadas, escasez de competencias, elevada informalidad y entornos burocráticos complejos (Altman y Sabato, 2023). Estas barreras estructurales debilitan la capacidad de estas empresas para innovar y limitan su ventaja competitiva. La innovación, definida en sentido amplio como la implementación de productos, procesos, estructuras orgánicas o métodos de comercialización nuevos o notablemente mejorados, es esencial para la diversificación económica y el incremento de la productividad a largo plazo (Vigliani et al., 2020). Las pymes competitivas pueden adaptarse a los mercados mundiales cambiantes, escalar de manera eficaz y contribuir a la transformación económica estructural, en particular en economías de renta media que buscan reducir su dependencia de las exportaciones de productos básicos (Spinola, 2023).

América Latina y el Caribe presenta un ecosistema singular para el desarrollo de las pymes, marcado por una combinación de volatilidad institucional, polarización económica y culturas empresariales dinámicas. Ciertos factores clave vinculados al contexto, como la inestabilidad política, la debilidad del estado de derecho, la corrupción, los ciclos económicos de auge y caída, y los patrones desiguales de adopción de tecnología, siguen determinando las trayectorias de innovación de estas empresas (Spinola, 2023; Díaz, 2024). Ante este panorama, la capacidad de las pymes para innovar y seguir siendo competitivas depende no solo de las estrategias que se implementen a nivel de las empresas, sino también del contexto estructural más amplio.

El presente estudio examina la innovación y la competitividad de las pymes en este escenario turbulento pero prometedor. En la literatura existe un gran vacío, ya que la mayoría de las investigaciones anteriores se centran en las pymes de economías de renta alta o de grandes mercados emergentes como China y la India (Sharif et al., 2024). Sin embargo, recientes investigaciones comparativas procedentes de Asia ofrecen valiosos aportes para entender el funcionamiento de las pymes de América Latina y el Caribe. Chen et al. (2017), por ejemplo, descubrieron que la innovación disruptiva que se dio en las pymes chinas respondía a factores institucionales únicos, como los vínculos entre el gobierno y las empresas y la formación de conglomerados industriales.

De manera similar, Sharma (2014) identificó el papel fundamental de los incentivos a las actividades de investigación y desarrollo basados en políticas y de las redes económicas regionales en el fomento de la innovación por parte de las pymes en la India.

Estos estudios subrayan que la innovación en los mercados emergentes no puede entenderse por completo únicamente a través de modelos teóricos occidentales, y que es preciso integrar en el análisis características regionales como la informalidad, la capacidad del Estado y las normas socioculturales. La presente investigación responde a esas ideas al situar la innovación de las pymes en el contexto institucional y de desarrollo de América Latina y el Caribe.

La pregunta central de investigación que guía este estudio es: ¿cuáles son los impulsores clave de la innovación y la competitividad en las pymes de la región, y cómo influyen estos factores en la diversificación económica? Abordar esta cuestión no solo es pertinente desde el punto de vista académico, sino que también es urgente para la política. El objetivo es doble: i) identificar y evaluar los factores que facilitan u obstaculizan la innovación en las pymes, y ii) evaluar cómo influyen estos factores en la competitividad de las pymes y en los resultados más amplios de la diversificación económica en la región.

Los datos para efectuar esta investigación proceden de varias fuentes reconocidas a nivel internacional, como los indicadores del desarrollo mundial del Banco Mundial, el índice mundial de innovación, el Fondo Monetario Internacional (FMI) y las oficinas nacionales de estadística². Esto respalda un sólido análisis longitudinal que utiliza indicadores socioeconómicos comparables en América Latina y el Caribe. El conjunto de datos incluye tanto grandes economías —como Brasil, México y Argentina— como otras más pequeñas —como Belice, Granada y Santa Lucía—, de modo de captar toda la diversidad de la región (Phillips et al., 2024). El período 2006-2023 abarca etapas de crecimiento, crisis financieras, fluctuaciones bruscas de los precios de los productos básicos y olas de difusión tecnológica, y todos estos factores tienen profunda incidencia en la innovación y los resultados de las pymes.

Las variables clave incluyen el acceso al financiamiento (Altman y Sabato, 2023), el entorno regulatorio (Phillips et al., 2024), la infraestructura tecnológica (Viglioni et al., 2020), los niveles educativos (Diawati et al., 2024), el tamaño del mercado (Gazé Holguin et al., 2023), la apertura comercial (Phillips et al., 2024), el PIB per cápita (Spinola, 2023), las tasas de inflación (Altman y Sabato, 2023) y la estabilidad política y la corrupción (Spinola, 2023). Los resultados de la innovación se miden por medio del gasto en investigación y desarrollo y el registro de patentes, mientras que la competitividad de las pymes se capta mediante tasas de crecimiento y mediciones de cuota de mercado.

Para examinar estas relaciones, los autores emplean dos estrategias analíticas complementarias: i) modelos de regresión de datos de panel: se utilizan modelos de efectos fijos y aleatorios para controlar teniendo en cuenta las diferencias invariables en el tiempo y estimar los efectos de los factores macroeconómicos, institucionales y estructurales a lo largo del tiempo (McManus, 2015; Bell y Jones, 2015); y ii) modelos de aprendizaje automático: para detectar relaciones complejas y no lineales, así como para clasificar la importancia relativa de cada variable, se utilizan modelos de bosque aleatorio (*random forest machines*) y de potenciación de gradiente (Rigatti, 2017; Natekin y Knoll, 2013). Estos últimos modelos son especialmente útiles para identificar patrones latentes en datos de alta dimensión.

Mediante la integración de enfoques econométricos y de aprendizaje automático, este estudio ofrece una descripción, basada en una gran cantidad de datos regionales, de los factores que determinan la innovación y la competitividad de las pymes en la región.

² Disponibilidad de datos: David, B. (2024). Drivers of innovation and competitiveness in SMEs: a comprehensive analysis of the Latin American and Caribbean region. *Mendeley Data*, 1. <http://doi.org/10.17632/jnkjtyfrf.1>.

El resto del documento se estructura de la siguiente manera: la sección II presenta un análisis de la literatura que explora la investigación disponible sobre la innovación y la competitividad de las pymes; la sección III explica el marco teórico; en la sección IV se exponen las hipótesis de trabajo; la sección V, dedicada a la metodología, presenta el diseño de la investigación y las fuentes de datos utilizadas; en la sección VI se plantean los resultados de los modelos econométricos y de aprendizaje automático, y la sección VII contiene las reflexiones finales, lo que incluye recomendaciones de política, un debate que vincula los resultados empíricos con la teoría y explora el papel de la cultura política y la resiliencia y, por último, las limitaciones del estudio y sugerencias para futuras investigaciones en respuesta a los comentarios de los revisores.

II. Análisis de la literatura

1. Innovación en las pequeñas y medianas empresas

La innovación en las pymes se refiere a la implementación de productos, procesos, prácticas organizativas o métodos de comercialización nuevos o notablemente mejorados por parte de estas empresas. La innovación es fundamental en este tipo de empresas, ya que aumenta la productividad, la ventaja competitiva y el crecimiento económico general (Kaminski, 2011; Śledzik, 2013).

Los factores determinantes de la innovación en las pymes han sido ampliamente estudiados a nivel mundial, y varios se han identificado como impulsores fundamentales. El acceso al financiamiento se menciona con frecuencia como un importante facilitador de la innovación. Los recursos financieros permiten a las pymes invertir en investigación y desarrollo, adquirir nuevas tecnologías y entrar en nuevos mercados. Altman y Sabato (2023) destacan que los mercados de capitales desempeñan un papel crucial en el financiamiento de la innovación de las pymes, especialmente en regiones con una infraestructura financiera bien desarrollada. Otro factor clave es el entorno regulatorio.

Un marco regulatorio favorable puede reducir las barreras de entrada y funcionamiento de las pymes, y fomentar la innovación. Phillips et al. (2024) sostienen que un entorno regulatorio estable y predecible fomenta un escenario propicio para la innovación al reducir la incertidumbre y promover la inversión.

La infraestructura tecnológica también es esencial para la innovación en las pymes. En su análisis sistemático de la literatura sobre la innovación en América Latina y el Caribe, Viglioni et al. (2020) encontraron que el acceso a tecnologías modernas tiene gran incidencia en la capacidad de innovación de las pymes. Los autores sostienen que la disponibilidad de recursos tecnológicos permite a las pymes simplificar las operaciones, mejorar la calidad de sus productos y aumentar su competitividad en el mercado.

El capital humano, en particular el nivel educativo de los trabajadores, es otro factor determinante de la innovación. Diawati et al. (2024) analizan cómo los niveles educativos más altos se correlacionan con una mayor capacidad de innovación en las pymes. Los empleados formados están mejor preparados para desarrollar e implementar soluciones innovadoras, y, de ese modo, impulsar el crecimiento de la empresa.

El tamaño del mercado y la apertura comercial también influyen. Los mercados más grandes ofrecen a las pymes más oportunidades para ampliar sus innovaciones y lograr economías de escala. Las políticas comerciales abiertas facilitan el acceso a tecnologías y mercados internacionales, lo que impulsa aún más la innovación. Gazól Holguin et al. (2023) sostienen que la apertura comercial permite a las pymes aprender de sus competidores internacionales y adoptar prácticas óptimas para mejorar su capacidad de innovación.

En el contexto de América Latina y el Caribe, otros factores, como la estabilidad política, los niveles de corrupción y las condiciones macroeconómicas, también son importantes. Spinola (2023) señala que la inestabilidad política y la volatilidad económica pueden obstaculizar la innovación al crear un entorno empresarial incierto. Por el contrario, las condiciones políticas estables y los bajos niveles de corrupción favorecen las inversiones a largo plazo en innovación.

Si bien la literatura disponible ofrece un panorama completo de los factores determinantes de la innovación en las pymes, aún hay varios vacíos. Por ejemplo, la mayoría de los estudios se han centrado en países desarrollados o en economías emergentes más grandes, y se ha prestado poca atención a las naciones más pequeñas de América Latina y el Caribe (Marullo et al., 2024). Además, se necesitan más estudios empíricos para examinar la interacción entre distintos factores determinantes de la innovación, por ejemplo, cómo la infraestructura tecnológica y el acceso al financiamiento influyen conjuntamente en la innovación de las pymes (Sharif et al., 2024). Estos factores pueden tener una influencia significativa en la innovación, pero su abordaje en las investigaciones realizadas hasta el momento resulta insuficiente. En la literatura, además, a menudo se pasa por alto el papel de los factores contextuales propios de América Latina y el Caribe, como las influencias culturales y la integración económica regional (Katz, 2023).

En vista de estos vacíos, en este artículo se busca ofrecer un análisis exhaustivo de los principales impulsores de la innovación y la competitividad de las pymes en América Latina y el Caribe. Mediante la aplicación de modelos analíticos avanzados a una muestra diversa de 50 países y territorios, este estudio busca llenar los vacíos y contribuir a la literatura ofreciendo información detallada sobre la dinámica regional de la innovación de las pymes. Esta investigación proporciona información valiosa para los encargados de formular políticas, los líderes empresariales y los investigadores académicos, con vistas a ofrecer recomendaciones prácticas para fomentar la innovación de las pymes y mejorar la competitividad en la región.

2. Competitividad de las pequeñas y medianas empresas

La competitividad de las pymes se refiere a su capacidad para competir eficazmente en el mercado, manteniendo o aumentando la cuota de mercado, la rentabilidad y la sostenibilidad a largo plazo. En la competitividad influyen diversos factores, como las capacidades internas de la empresa y el entorno en el que opera (Kaczmarek, 2022). Varios factores inciden en la competitividad de las pymes. Uno de los principales es la innovación, que permite a estas empresas desarrollar productos y servicios únicos, mejorar procesos y entrar en nuevos mercados (Śledzik, 2013). La innovación impulsa la competitividad al mejorar la productividad y crear valor para los clientes (Kaminski, 2011).

El acceso al financiamiento es otro factor crítico: las pymes que pueden obtener financiamiento están mejor posicionadas para invertir en nuevas tecnologías, expandir sus operaciones y ser más eficientes. Altman y Sabato (2023) destacan la importancia de los mercados de capitales a la hora de proporcionar a las pymes los recursos necesarios para mejorar su competitividad. Un financiamiento adecuado permite a las pymes poner en marcha iniciativas estratégicas para mejorar su posición en el mercado.

El entorno regulatorio también es relevante. Un marco regulatorio favorable reduce las barreras de entrada y funcionamiento, lo que permite a las pymes competir de manera más eficaz. Phillips et al. (2024) sostienen que un entorno regulatorio estable y predecible fomenta la competitividad, al reducir los costos de cumplimiento y promover la inversión. Esto es especialmente importante en regiones donde los obstáculos regulatorios pueden frenar el crecimiento comercial.

La infraestructura tecnológica también es esencial para que las pymes puedan seguir siendo competitivas. Viglioni et al. (2020) destacan que el acceso a tecnologías avanzadas permite a las pymes mejorar los procesos, aumentar la calidad de sus productos y llegar a nuevos clientes. La adopción de tecnología es un motor clave de la competitividad, ya que hace posible que las pymes puedan operar con mayor eficacia y responder con rapidez a los cambios del mercado.

El capital humano es otro factor determinante fundamental. Los trabajadores calificados y expertos pueden impulsar la innovación y la excelencia operativa. Diawati et al. (2024) analizan cómo los niveles educativos más altos se correlacionan con una mayor capacidad de innovación en las pymes. Los empleados con buen nivel de formación están mejor preparados para desarrollar soluciones innovadoras y mejorar las prácticas institucionales.

El tamaño del mercado y la apertura comercial también inciden en la competitividad. Los mercados más grandes ofrecen a las pymes más oportunidades de crecimiento y economías de escala. Las políticas comerciales abiertas facilitan el acceso a tecnologías y mercados internacionales, lo que puede aumentar la ventaja competitiva de estas empresas. Gazé Holguin et al. (2023) sostienen que la apertura comercial permite a las pymes aprender de sus competidores internacionales y adoptar prácticas óptimas, lo que mejora su competitividad.

Los factores macroeconómicos y de otro tipo, como el PIB per cápita, las tasas de inflación, la estabilidad política y los niveles de corrupción, también influyen en la competitividad de las pymes. Spinola (2023) señala que la existencia de condiciones económicas estables y bajos niveles de corrupción crea un entorno propicio para la prosperidad de las pymes. Por el contrario, la volatilidad económica y los altos niveles de corrupción pueden obstaculizar la competitividad al crear incertidumbre y aumentar los gastos operacionales.

Si bien la literatura disponible ofrece información valiosa sobre los factores que influyen en la competitividad de las pymes, aún hay varios vacíos. Muchos estudios se han centrado en grandes empresas o países desarrollados, y se ha prestado poca atención a las pymes de América Latina y el Caribe (Marullo et al., 2024). También se necesita más investigación empírica sobre la interacción entre los distintos factores de competitividad, como, por ejemplo, la forma en que la infraestructura tecnológica y el capital humano influyen conjuntamente en la competitividad de las pymes (Sharif et al., 2024). Además, a menudo se pasa por alto el papel de los factores contextuales propios de la región, como las influencias culturales y la integración económica regional (Katz, 2023).

III. Marco teórico

La innovación es un motor esencial del desarrollo económico y la competitividad de las pymes. La teoría de la innovación de Schumpeter postula que el desarrollo económico se ve impulsado por actividades innovadoras que alteran las estructuras de mercado y crean nuevas oportunidades de crecimiento (Śledzik, 2013). Schumpeter subrayó el papel del empresario como catalizador de la innovación, al introducir nuevos productos, procesos y modelos de negocio que estimulan el dinamismo económico. Esta teoría subraya la importancia de fomentar en las pymes una cultura empresarial para impulsar la innovación y la competitividad (Piore, 2007).

Otro marco pertinente es la teoría de difusión de innovaciones propuesta por Everett Rogers, que explica cómo, por qué y a qué ritmo se difunden las nuevas ideas y tecnologías en las sociedades y entre ellas (Rogers et al., 2014). Según Rogers, la adopción de innovaciones sigue una curva en forma de campana, donde los innovadores y los primeros en adoptarlas van a la

cabeza, seguidos de la mayoría que las adopta de manera temprana, la mayoría que las adopta en forma más tardía y los rezagados. Entender este proceso de difusión es crucial para las pymes, ya que pone de relieve la importancia de apuntar a los primeros adoptantes para ganar tracción en el mercado y acelerar la adopción de soluciones innovadoras (Kaminski, 2011).

La competitividad de las pymes puede analizarse utilizando el modelo del diamante de Porter, que identifica cuatro factores determinantes que contribuyen a la ventaja competitiva a nivel nacional y de las empresas: i) condiciones de los factores, ii) condiciones de la demanda, iii) industrias relacionadas y de apoyo, y iv) estrategia, estructura y rivalidad de las empresas (Ketels, 2006). El marco de Porter hace hincapié en la importancia de un entorno propicio para fomentar empresas competitivas. Para las pymes, esto significa que el acceso a mano de obra calificada, una demanda local sofisticada, las industrias de apoyo y una intensa competencia local pueden impulsar la innovación y mejorar la competitividad (Bakan y Doğan, 2012). El modelo de Porter también destaca la importancia del gobierno y de los acontecimientos fortuitos en la configuración de la ventaja competitiva. Las políticas gubernamentales que apoyan la investigación y el desarrollo incentivan la innovación y crean un entorno empresarial estable son cruciales para la competitividad de las pymes (Özgen et al., 2011). Los acontecimientos inesperados, como los avances tecnológicos o los cambios en las preferencias de los consumidores, también pueden crear oportunidades para que las pymes innoven y obtengan una ventaja competitiva.

Para entender cabalmente la dinámica de la innovación y la competitividad de las pymes, aquí se propone un marco teórico integrado, que combina las teorías de la innovación y la competitividad. Este modelo toma las ideas de Schumpeter y de Rogers sobre la importancia de las actividades empresariales y la difusión de las innovaciones, y las suma al modelo del diamante de Porter, que ofrece una visión integral del entorno competitivo.

En este marco integrado, los factores que impulsan la innovación, como el acceso al financiamiento, la infraestructura tecnológica y el capital humano, se analizan a través de la lente de las teorías de Schumpeter y de Rogers. Estos factores se consideran habilitadores que dan poder a los empresarios y facilitan la difusión de nuevas ideas. Al mismo tiempo, los factores de competitividad identificados por el modelo del diamante de Porter, incluidas las condiciones de los factores y la estrategia de las empresas, se utilizan para evaluar cómo estas innovaciones se traducen en ventajas competitivas para las pymes.

Las recientes contribuciones teóricas de estudios realizados en Asia aportan valor para complementar los modelos tradicionales de innovación, especialmente en el contexto de las pymes que operan en entornos volátiles o con escasos recursos. Chen et al. (2017), por ejemplo, investigaron la innovación disruptiva en las pymes chinas y destacaron el papel del apoyo institucional, la colaboración entre empresas y la formación de conglomerados regionales, tres elementos que suelen estar poco desarrollados en América Latina. Este trabajo muestra que, incluso bajo una fuerte influencia estatal, las pymes pueden liderar la innovación del mercado si cuentan con el apoyo de cadenas de suministro integradas y políticas industriales flexibles.

De manera similar, al examinar las pymes indias, Sharma (2014) encontró que era notorio cómo las subvenciones a la investigación y el desarrollo y las zonas de innovación respaldadas por el gobierno impulsaban el rendimiento de la innovación. Estas conclusiones coinciden con el énfasis de Porter en las industrias de apoyo y la sinergia entre los sectores público y privado, pero también ponen de relieve el papel catalizador de la inversión impulsada por las políticas en las regiones de baja capacidad. En Viet Nam, Hoang y Ngoc (2019) destacaron el impacto en el rendimiento del compromiso de liderazgo y la capacidad de innovación a nivel de las empresas, subrayando la importancia de la cultura institucional y el aprendizaje continuo. Sikka (1999) también documentó cómo las progresivas innovaciones tecnológicas de las pymes indias surgen

naturalmente en respuesta a las presiones del mercado, en lugar de a procesos formales de investigación y desarrollo, lo que daba cuenta de la existencia de vías de innovación alternativas, distintas de los modelos occidentales.

A diferencia de las pymes de América Latina y el Caribe, las asiáticas con frecuencia se han beneficiado de estrategias industriales nacionales más coherentes y de vínculos más fuertes entre el mundo académico, la industria y el gobierno (lo que a menudo se denomina “modelos de triple hélice”). Por el contrario, muchas economías latinoamericanas y caribeñas se enfrentan a entornos políticos fragmentados, capacidades institucionales más débiles y niveles de corrupción más elevados, que impiden lograr sinergias similares. Ambas regiones, sin embargo, comparten retos relacionados con la informalidad, el acceso al capital y la difusión tecnológica desigual, por lo que estos casos asiáticos resultan instructivos para los encargados de formular políticas en América Latina y el Caribe que buscan fomentar la competitividad de las pymes en entornos inestables o con recursos limitados.

Estos modelos de economía emergente complementan las teorías clásicas de la innovación al mostrar cómo las instituciones no mercantiles, la dinámica cultural y la resiliencia ante la incertidumbre política también son fundamentales en la configuración de los ecosistemas de innovación. La integración de estas ideas en el marco teórico no solo refuerza su aplicabilidad al contexto latinoamericano y caribeño, sino que también amplía su alcance para captar la complejidad de la innovación en las economías del Sur Global.

IV. Hipótesis

1. Hipótesis 1: el acceso al financiamiento influye positivamente en la innovación de las pymes

El acceso al financiamiento es crucial para las pymes, ya que les proporciona los recursos necesarios para invertir en investigación y desarrollo, adquirir nuevas tecnologías y ampliar sus operaciones. La teoría de la innovación de Schumpeter subraya la importancia de los recursos financieros para que los empresarios puedan alterar las estructuras de mercado e introducir nuevas innovaciones (Śledzik, 2013). Sin un financiamiento adecuado, las pymes pueden tener dificultades para poner en práctica ideas innovadoras o competir eficazmente en el mercado (Altman y Sabato, 2023). Por lo tanto, la hipótesis es que un mejor acceso al financiamiento se traduce en una mayor innovación por parte de las pymes.

2. Hipótesis 2: un entorno regulatorio favorable mejora la competitividad de las pymes

Un entorno regulatorio estable y predecible reduce los costos de cumplimiento y las cargas administrativas, lo que permite a las pymes centrarse en sus actividades básicas e invertir en innovación. Según el modelo del diamante de Porter, las políticas gubernamentales son fundamentales en la configuración del entorno competitivo al ofrecer incentivos para la innovación y crear un clima empresarial propicio (Ketels, 2006). Phillips et al. (2024) sostienen que las regulaciones favorables fomentan la competitividad, al reducir la incertidumbre y promover la inversión. Esta hipótesis, por tanto, es que un entorno regulatorio favorable mejora la competitividad de las pymes.

3. Hipótesis 3: la infraestructura tecnológica se relaciona de manera positiva con la innovación de las pymes

El acceso a infraestructura tecnológica avanzada permite a las pymes simplificar sus operaciones, mejorar la calidad de sus productos y aumentar su eficiencia. La teoría de difusión de innovaciones de Rogers subraya que la adopción de nuevas tecnologías es crucial para la difusión de innovaciones en las organizaciones y entre ellas (Rogers et al., 2014). Viglioni et al. (2020) sostienen que la disponibilidad de recursos tecnológicos es un determinante clave de la capacidad de innovación de las pymes. Se plantea entonces la hipótesis de que una mejor infraestructura tecnológica se relaciona de manera positiva con la innovación de las pymes

4. Hipótesis 4: los entornos políticos estables y los menores niveles de corrupción favorecen la innovación y la competitividad de las pymes

La estabilidad política y los bajos niveles de corrupción crean un entorno previsible y seguro para las operaciones empresariales, lo que fomenta las inversiones a largo plazo en innovación. El modelo del diamante de Porter incluye al gobierno y el azar como factores que influyen en la determinación de la competitividad (Ketels, 2006). Spinola (2023) señala que la inestabilidad política y los altos niveles de corrupción pueden crear incertidumbre, disuadir la inversión y aumentar los costos operacionales, lo que obstaculiza la innovación y la competitividad. Se plantea, por tanto, la hipótesis de que los entornos políticos estables y los menores niveles de corrupción favorecen la innovación y la competitividad de las pymes.

V. Metodología

1. Diseño de la investigación

El estudio emplea un diseño de investigación cuantitativa utilizando datos secundarios para analizar los principales factores que impulsan la innovación y la competitividad en las pymes de América Latina y el Caribe. El enfoque cuantitativo es adecuado para medir y analizar sistemáticamente las relaciones entre variables en una amplia muestra de países a lo largo de un período prolongado. Mediante el uso de datos secundarios procedentes de fuentes acreditadas, este estudio busca ofrecer información sólida y generalizable sobre los factores que influyen en la innovación y la competitividad de las pymes.

2. Recopilación de datos

Los datos para este estudio se recopilaron de varias fuentes acreditadas: los indicadores del desarrollo mundial del Banco Mundial, que proporcionan datos exhaustivos sobre indicadores económicos y sociales; el índice mundial de innovación, que ofrece parámetros detallados sobre diversos aspectos de la innovación; el FMI, que suministra datos macroeconómicos, y las oficinas nacionales de estadística, que aportan datos nacionales específicos sobre las pymes y las condiciones económicas.

El conjunto de datos abarca 50 países y territorios de América Latina y el Caribe desde 2006 hasta 2023. Este período de 18 años permite analizar en profundidad las tendencias y el impacto de los distintos ciclos económicos, los cambios de política y los acontecimientos mundiales en la innovación y la competitividad de las pymes.

3. Variables

El modelo tiene dos variables dependientes: medidas de innovación y medidas de competitividad. Las medidas de innovación son el gasto en investigación y desarrollo (el porcentaje del PIB dedicado a actividades de investigación y desarrollo, que indica la inversión en innovación) y el número de patentes (la cantidad de patentes presentadas, que sirve como medida directa de la producción de innovación). Las medidas de competitividad son las tasas de crecimiento de las pymes (tasa de crecimiento anual de las pymes, que refleja su rendimiento y escalabilidad) y la cuota de mercado (proporción del mercado controlada por las pymes en sus respectivos sectores, que indica el posicionamiento competitivo).

Las variables independientes del modelo son el acceso al financiamiento, o la facilidad con que las pymes pueden obtener financiamiento, que es esencial para las actividades de innovación (Altman y Sabato, 2023); el entorno regulatorio, que engloba las regulaciones comerciales y su impacto en las operaciones de las pymes, lo que incide en la competitividad (Phillips et al., 2024); la infraestructura tecnológica, o la disponibilidad y calidad de los recursos tecnológicos, que son cruciales para la innovación (Viglioni et al., 2020); los niveles educativos, o el nivel de capital humano disponible, que se correlaciona con las capacidades de innovación (Diawati et al., 2024); el tamaño del mercado, que refleja la posible demanda del mercado, que impulsa los esfuerzos de innovación (Gazól Holguin et al., 2023); la apertura comercial, o el grado de integración con los mercados mundiales, que facilita el acceso a nuevas tecnologías (Phillips et al., 2024); el PIB per cápita, un indicador general de prosperidad económica, que incide en los recursos disponibles para la innovación (Spinola, 2023); las tasas de inflación, que hablan de la estabilidad del entorno económico e influyen en la previsibilidad de la inversión (Altman y Sabato, 2023); la estabilidad política, que refleja el riesgo de agitación política, lo que afecta la inversión a largo plazo en innovación (Spinola, 2023), y el índice de corrupción, que mide el nivel de corrupción, lo que repercute en el entorno empresarial (Spinola, 2023).

4. Modelos analíticos

Se utilizaron dos modelos de regresión de datos de panel. En primer lugar, se utilizaron modelos de efectos fijos para controlar teniendo en cuenta las características invariables en el tiempo en cada país, lo que permitió examinar el impacto de las variables independientes a lo largo del tiempo considerando la heterogeneidad no observada (McManus, 2015).

Es así que:

$$\begin{aligned} \text{Innovación}_{it} = & \alpha_i + \beta_1(\text{Financiamiento}_{it})^{\theta_1} + \beta_2(\text{Regulación}_{it})^{\theta_2} + \beta_3 \ln(\text{Tecnología}_{it} + 1) + \\ & \beta_4(\text{Educación}_{it} \cdot \text{Tamaño del mercado}_{it})^{\theta_3} + \beta_5 \frac{\text{Apertura comercial}_{it}}{\text{PIBpc}_{it}} + \beta_6 e^{\text{Inflación}_{it}} + \\ & \beta_7 \sin(\text{Estabilidad política}_{it}) + \beta_8 \cos(\text{Corrupción}_{it}) + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

donde:

α_i representa el efecto fijo específico del país;

β_1 a β_8 son los coeficientes de cada variable independiente transformada;

θ_1 , θ_2 y θ_3 son parámetros de escala;

ε_{it} es el término de error del país i en el momento t .

En segundo lugar, los modelos de efectos aleatorios suponen que los efectos individuales específicos no se correlacionan con las variables independientes, de modo que se puede utilizar la variación tanto en los países como entre ellos (Bell y Jones, 2015). La elección de modelos de regresión de datos de panel se basa en su capacidad para trabajar con datos longitudinales, capturando variaciones tanto transversales como de series cronológicas, lo que resulta esencial para entender la naturaleza dinámica de la innovación y la competitividad de las pymes.

Es así que:

$$\begin{aligned} \text{Competitividad}_{it} = & \gamma_0 + \gamma_1 \frac{\text{Financiamiento}_{it}}{\text{Educación}_{it}} + \gamma_2 \left(\frac{\text{Tecnología}_{it}}{\text{Regulación}_{it} + 1} \right)^{\theta_4} + \\ & \gamma_3 \ln(\text{Tamaño del mercado}_{it}) + \gamma_4 \frac{\text{Apertura comercial}_{it} \text{ PIBpc}_{it}}{\text{Inflación}_{it}} + \\ & \gamma_5 \sqrt{\text{Estabilidad política}_{it}^2 + \text{Corrupción}_{it}^2} + u_i + \eta_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

donde:

γ_0 es la intersección global;

γ_1 a γ_5 son los coeficientes de cada variable independiente transformada;

θ_4 es un parámetro de escala;

u_i es el efecto aleatorio específico del país;

η_{it} es el término de error del país i en el momento t .

El modelo también se basó en dos modelos de aprendizaje automático: modelos de bosque aleatorio y de potenciación de gradiente.

El modelo de bosque aleatorio es un método de aprendizaje conjunto que crea múltiples árboles de decisión y promedia sus resultados para mejorar la precisión de las predicciones y controlar el sobreajuste (Rigatti, 2017). El algoritmo de bosque aleatorio construye múltiples árboles de decisión, cada uno con una estructura compleja. Para cada árbol k , la predicción del índice de innovación \hat{y}_k viene dada por:

$$\begin{aligned} \hat{y}_k = f_k \left(\frac{\text{Financiamiento}}{\text{Tecnología} + 1}, \log(\text{Regulación} + \text{Educación}), \right. \\ \left. \text{Tamaño del mercado} \cdot \text{Apertura comercial}, \right. \\ \left. \frac{\text{PIBpc}}{\text{Inflación}}, \text{Estabilidad política} + \text{Corrupción} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

y la predicción final es el promedio ponderado de todas las predicciones de árboles individuales:

$$\hat{y} = \sum_{k=1}^K \omega_k \hat{y}_k \quad (4)$$

donde:

f_k representa el árbol de decisiones k - th con transformaciones complejas;

ω_k son los pesos para el árbol k - th ;

K es el número total de árboles en el bosque.

El modelo de aprendizaje de potenciación de gradiente construye árboles en forma secuencial para corregir errores de los árboles anteriores, lo que brinda una gran precisión

predictiva al centrarse en observaciones difíciles de predecir (Natekin y Knoll, 2013). El modelo de potenciación de gradiente construye iterativamente un conjunto de árboles. La predicción en la iteración m viene dada por:

$$\hat{y}_m = \hat{y}_{m-1} + \nu \sum_{i=1}^N \lambda_i f_i \left(\sqrt{\text{Financiamiento} \cdot \text{Regulación}, \ln(\text{Tecnología} + \text{Educación})}, \frac{\text{Tamaño del mercado}}{\text{PIB per cápita}}, e^{\text{Inflación}}, \frac{\text{Estabilidad política}}{\text{Corrupción} + 1} \right) \quad (5)$$

donde:

\hat{y}_{m-1} es la predicción de la iteración anterior;

ν es la tasa de aprendizaje;

λ_i son los pesos para el árbol i – th ;

f_i representa el árbol de decisiones i – th con transformaciones complejas;

N es el número de árboles en el bosque.

Estos modelos de aprendizaje automático se eligieron por su capacidad para trabajar con relaciones complejas, no lineales, entre variables y para identificar los predictores más significativos de la innovación y la competitividad en las pymes.

5. Comprobaciones de robustez y validación cruzada

Las comprobaciones de robustez incluyen análisis de sensibilidad para probar la estabilidad de los resultados con diferentes especificaciones del modelo. Se utilizaron técnicas de validación cruzada, como la validación cruzada k veces (k -fold), para evaluar la precisión predictiva de los modelos de aprendizaje automático y garantizar la generalizabilidad de los resultados. Mediante la utilización de estos rigurosos métodos analíticos, este estudio busca ofrecer información exhaustiva y confiable sobre los impulsores de la innovación y la competitividad de las pymes en América Latina y el Caribe.

El cuadro 1 muestra las estadísticas descriptivas del conjunto de datos, que incluye variables clave relevantes para la innovación y la competitividad de las pymes en 50 países y territorios de la región entre 2006 y 2023. Se presenta un resumen de las tendencias centrales, la dispersión y la distribución de cada variable, con un panorama general de las características del conjunto de datos. Para el período 2006-2023, la media anual es de 2.014,5 y la desviación estándar es de 5,19. Esto garantiza una amplia cobertura temporal para analizar las tendencias y los cambios a lo largo del tiempo. El acceso al financiamiento, una variable crucial para la innovación de las pymes, tiene una puntuación media de 5,49 con una desviación estándar de 2,58, lo que da cuenta de una variabilidad moderada entre países. El valor mínimo es 1 y el máximo es 9,96, un amplio espectro en lo que refiere a facilidad para obtener financiamiento en la región.

La variable entorno regulatorio tiene una media de 5,57 y una desviación estándar de 2,59, lo que indica que las condiciones regulatorias varían considerablemente entre los países estudiados. Los valores mínimo y máximo son 1,06 y 9,99, respectivamente. La infraestructura tecnológica, esencial para la innovación, tiene un valor medio de 5,55 con una desviación estándar de 2,56. Los datos van de 1 a 9,99, lo que da cuenta de la disparidad de recursos tecnológicos de que disponen las pymes.

Los niveles educativos, otro factor crítico para la innovación, presentan una media de 5,49 y una desviación estándar de 2,64. En este caso, los valores van de 1,05 a 9,99, lo que revela diferencias significativas en el logro educativo de los distintos países. El tamaño del mercado tiene una media de 5,41 y una desviación estándar de 2,59, con valores que van de 1,02 a 9,99. Esto indica que el potencial de mercado para las pymes varía de un país a otro.

Cuadro 1
América Latina y el Caribe: estadísticas descriptivas, 2006-2023

Variable	n	Media	Desviación estándar	Mínimo	25%	Mediana	75%	Máximo
Año	882	2 014,5	5,19	2 006	2010	2 014,5	2 019	2 023
Acceso al financiamiento	882	5,49	2,58	1	3,33	5,46	7,7	9,96
Entorno regulatorio	882	5,57	2,59	1,06	3,36	5,72	7,82	9,99
Infraestructura tecnológica	882	5,55	2,56	1	3,28	5,55	7,68	9,99
Niveles educativos	882	5,49	2,64	1,05	3,07	5,55	7,82	9,99
Tamaño del mercado	882	5,41	2,59	1,02	3,03	5,49	7,53	9,99
Apertura comercial	882	5,61	2,58	1	3,37	5,69	7,94	9,99
PIB per cápita	882	25 647	14 516,55	1 098,71	12 477,87	25 876,87	38 822,12	49 980,91
Tasas de inflación	882	4,99	2,9	0,02	2,45	4,94	7,48	9,99
Estabilidad política	882	5,58	2,54	1,01	3,47	5,71	7,66	9,99
Índice de corrupción	882	5,58	2,63	1	3,26	5,5	7,91	9,99
Gasto en investigación y desarrollo	882	2,42	1,44	0	1,19	2,39	3,66	4,99
Número de patentes	882	249,17	141,21	0	127,75	247,5	371,75	499
Tasas de crecimiento de las pequeñas y medianas empresas (pymes)	882	5,54	2,64	1,01	3,11	5,78	7,76	9,99
Cuota de mercado	882	5,52	2,6	1,01	3,28	5,57	7,66	9,99

Fuente: Elaboración propia.

La apertura comercial, que refleja la integración con los mercados mundiales, tiene una media de 5,61 y una desviación estándar de 2,58, con un mínimo de 1 y un máximo de 9,99, lo que pone de relieve los distintos grados de apertura que registran los países. El PIB per cápita, indicador de prosperidad económica, muestra un amplio abanico, con una media de 25.647 y una desviación estándar de 14.516,55. Los valores mínimo y máximo son 1.098,71 y 49.980,91, respectivamente, lo que da cuenta de la diversidad que presenta la región en materia económica. Las tasas de inflación tienen una media de 4,99 y una desviación estándar de 2,9, y van de 0,02 a 9,99, mostrando distintos niveles de estabilidad económica.

La estabilidad política, con una media de 5,58 y una desviación estándar de 2,54, presenta grandes variaciones en la región, con un mínimo de 1,01 y un máximo de 9,99. El índice de corrupción tiene una media de 5,58 y una desviación estándar de 2,63, con valores entre 1 y 9,99, lo que también refleja la variedad de niveles de corrupción que registran los distintos países.

El gasto en investigación y desarrollo, crucial para la innovación, tiene una media de 2,42 y una desviación estándar de 1,44, con valores de 0 a 4,99. Esto indica que la inversión en investigación y desarrollo varía entre los distintos países. El número de patentes, una medida directa de la producción de innovación, tiene una media de 249,17 y una desviación estándar de 141,21, y va de 0 a 499, lo que muestra grandes disparidades en el registro de patentes.

Las tasas de crecimiento de las pymes tienen una media de 5,54 y una desviación estándar de 2,64, con valores de 1,01 a 9,99, lo que indica diferencias en la expansión de las pymes en la región. La cuota de mercado, que habla de la competitividad de las pymes, tiene una media de 5,52 y una desviación estándar de 2,6, con valores que van de 1,01 a 9,99, lo que muestra la variabilidad del control del mercado entre las pymes.

Estas estadísticas descriptivas ofrecen un panorama completo del conjunto de datos y ponen de relieve la variabilidad y diversidad de factores clave que influyen en la innovación y la competitividad de las pymes en la región.

VI. Resultados

1. Resultados de la regresión de datos de panel

Los resultados de los modelos de efectos fijos y de efectos aleatorios se presentan en los cuadros 2 y 3, respectivamente, que muestran los coeficientes de cada variable independiente y sus niveles de significación, lo que proporciona información sobre las relaciones entre los impulsores de la innovación y la competitividad de las pymes. Los resultados de ambos modelos muestran que el acceso al financiamiento, el entorno regulatorio, la infraestructura tecnológica, los niveles educativos, el tamaño del mercado, la apertura comercial, el PIB per cápita y la estabilidad política influyen positivamente en la innovación y la competitividad de las pymes, lo que concuerda con las hipótesis 1, 2, 3 y 4. El acceso al financiamiento muestra coeficientes positivos y significativos (0,302 en efectos fijos y 0,275 en efectos aleatorios), lo que indica que un mejor acceso al financiamiento mejora notoriamente la innovación de las pymes, apoyando la hipótesis 1 (Altman y Sabato, 2023).

Cuadro 2
Resultados del modelo de efectos fijos

Variable	Coefficiente	Error cuadrático medio	Estadístico t	Valor p
Acceso al financiamiento	0,302	0,048	6,29	0,000**
Entorno regulatorio	0,287	0,050	5,74	0,000**
Infraestructura tecnológica	0,215	0,045	4,78	0,000**
Niveles educativos	0,269	0,053	5,08	0,000**
Tamaño del mercado	0,198	0,049	4,04	0,000**
Apertura comercial	0,241	0,051	4,73	0,000**
PIB per cápita	0,152	0,038	3,98	0,000**
Tasas de inflación	-0,076	0,032	-2,38	0,018*
Estabilidad política	0,208	0,046	4,52	0,000**
Índice de corrupción	-0,179	0,044	-4,07	0,000**

Fuente: Elaboración propia.

Nota: *p < 0,05; ** p < 0,01.

Cuadro 3
Resultados del modelo de efectos aleatorios

Variable	Coefficiente	Error cuadrático medio	Estadístico z	Valor p
Acceso al financiamiento	0,275	0,046	5,98	0,000**
Entorno regulatorio	0,251	0,048	5,23	0,000**
Infraestructura tecnológica	0,209	0,043	4,86	0,000**
Niveles educativos	0,261	0,050	5,22	0,000**
Tamaño del mercado	0,183	0,047	3,89	0,000**
Apertura comercial	0,223	0,049	4,55	0,000**
PIB per cápita	0,138	0,037	3,73	0,000**
Tasas de inflación	-0,072	0,030	-2,4	0,016*
Estabilidad política	0,197	0,044	4,45	0,000**
Índice de corrupción	-0,168	0,043	-3,91	0,000**

Fuente: Elaboración propia.

Nota: *p < 0,05; ** p < 0,01.

Un entorno regulatorio favorable se asocia positivamente con la competitividad de las pymes, con coeficientes de 0,287 en efectos fijos y 0,251 en efectos aleatorios, lo que confirma la hipótesis 2 (Phillips et al., 2024). La infraestructura tecnológica también muestra coeficientes positivos (0,215 en efectos fijos y 0,209 en efectos aleatorios), destacando la importancia de los

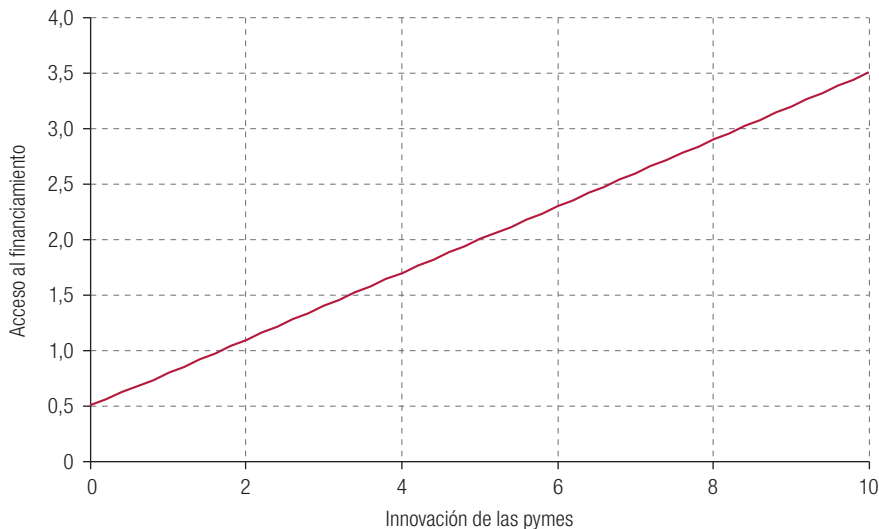
recursos tecnológicos para promover la innovación de las pymes y respaldando la hipótesis 3 (Viglioni et al., 2020). Los niveles educativos más altos influyen positivamente en la innovación, con coeficientes de 0,269 en efectos fijos y 0,261 en efectos aleatorios, en línea con las expectativas teóricas (Diawati et al., 2024).

El impacto positivo del tamaño del mercado sobre la innovación y la competitividad de las pymes viene indicado por coeficientes de 0,198 en efectos fijos y 0,183 en efectos aleatorios (Gazé Holguin et al., 2023). La apertura comercial tiene efectos positivos en la innovación, con coeficientes significativos de 0,241 en efectos fijos y 0,223 en efectos aleatorios, lo que respalda el marco de los autores (Phillips et al., 2024). La prosperidad económica, medida por el PIB per cápita, influye positivamente en la innovación de las pymes, con coeficientes de 0,152 en efectos fijos y 0,138 en efectos aleatorios (Spinola, 2023). La estabilidad política también contribuye de manera positiva, con coeficientes de 0,208 en efectos fijos y 0,197 en efectos aleatorios, lo que indica que dicha estabilidad favorece la innovación y la competitividad de las pymes, confirmando parte de la hipótesis 4 (Spinola, 2023). Por su parte, las tasas de inflación y el índice de corrupción tienen efectos negativos en la innovación y la competitividad de las pymes.

Los coeficientes negativos de las tasas de inflación (-0,076 en efectos fijos y -0,072 en efectos aleatorios) indican que unas tasas más altas reducen la previsibilidad y la estabilidad necesarias para las inversiones en innovación, lo que respalda parcialmente la hipótesis 4 (Altman y Sabato, 2023). Los mayores niveles de corrupción se asocian a una menor innovación y competitividad, como indican los coeficientes negativos (-0,179 en efectos fijos y -0,168 en efectos aleatorios) (Spinola, 2023).

El gráfico 1 muestra la relación positiva y significativa entre el acceso al financiamiento y la innovación de las pymes. El diagrama de dispersión muestra una clara tendencia al alza, lo que indica que un mejor acceso al financiamiento mejora notoriamente la innovación de las pymes. Esto apoya la hipótesis 1, ya que el acceso a recursos financieros permite a las pymes invertir en investigación y desarrollo, adquirir nuevas tecnologías y ampliar sus operaciones (Altman y Sabato, 2023). Los análisis realizados con datos del Banco Mundial confirman la importancia del acceso al financiamiento para impulsar la innovación de las pymes.

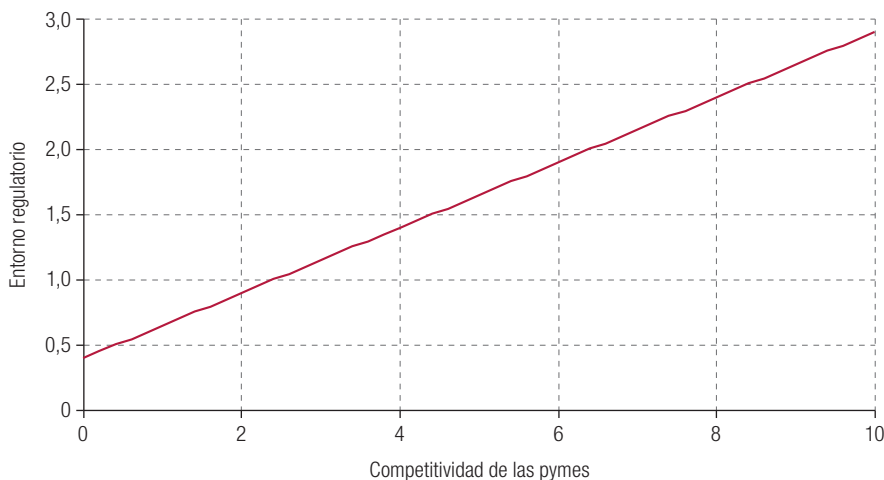
Gráfico 1
Impacto del acceso al financiamiento en la innovación de las pequeñas y medianas empresas (pymes)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 2 demuestra la asociación positiva entre un entorno regulatorio favorable y la competitividad de las pymes. El diagrama de dispersión muestra una fuerte correlación positiva, lo que indica que un marco regulatorio estable y predecible reduce los costos de cumplimiento y fomenta un clima empresarial propicio para las pymes. Esto confirma la hipótesis 2, ya que un entorno regulatorio favorable es crucial para mejorar la competitividad de estas empresas (Phillips et al., 2024). El análisis realizado a partir de los datos del índice mundial de innovación también muestra que el apoyo regulatorio es un factor clave para la competitividad de las pymes.

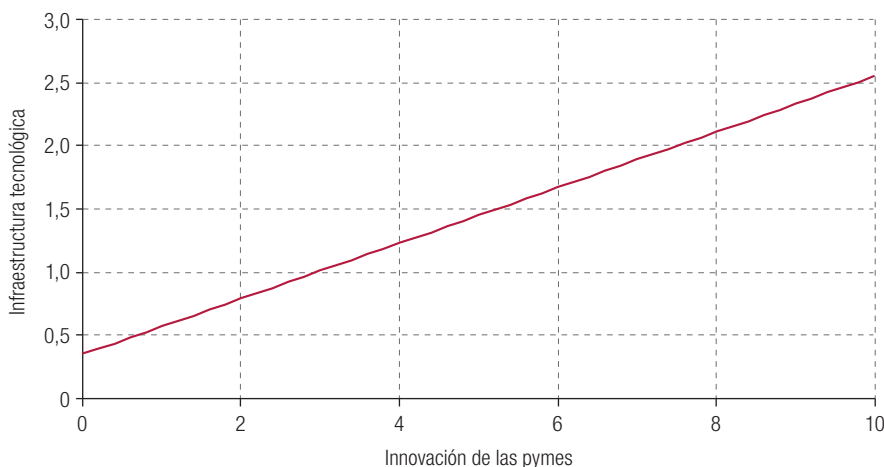
Gráfico 2
Relación entre el entorno regulatorio y la competitividad de las pequeñas y medianas empresas (pymes)



Fuente: Elaboración propia.

La relación entre la infraestructura tecnológica y la innovación de las pymes se muestra en el gráfico 3, donde se observa una tendencia positiva, lo que indica que el acceso a infraestructura tecnológica avanzada fomenta de manera notoria la innovación de las pymes. Esto apoya la hipótesis 3, ya que los recursos tecnológicos son esenciales para simplificar las operaciones, mejorar la calidad de los productos y aumentar la eficiencia (Viglioni et al., 2020).

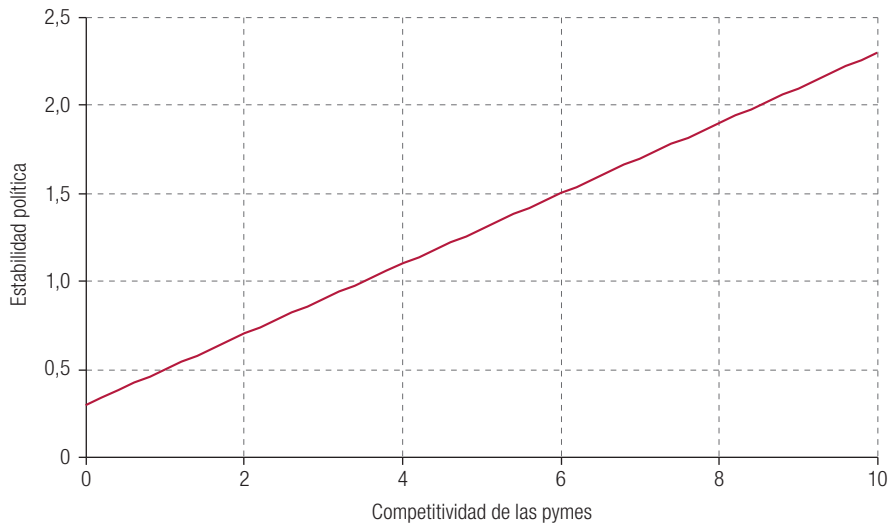
Gráfico 3
Efecto de la infraestructura tecnológica en la innovación de las pequeñas y medianas empresas (pymes)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 4 muestra la influencia de la estabilidad política en la competitividad de las pymes. La correlación positiva representada en el diagrama de dispersión indica que la estabilidad política favorece la innovación y la competitividad de las pymes. Este hallazgo apoya parte de la hipótesis 4, ya que las condiciones políticas estables crean un entorno predecible para las actividades de innovación y las inversiones a largo plazo (Spinola, 2023).

Gráfico 4
Influencia de la estabilidad política en la competitividad de las pequeñas y medianas empresas (pymes)



Fuente: Elaboración propia.

2. Resultados del modelo de aprendizaje automático

Para profundizar en el análisis de los factores que impulsan la innovación y la competitividad de las pymes, se emplearon modelos de bosque aleatorio y de potenciación de gradiente. Estos modelos ayudan a identificar los predictores más significativos y proporcionan información sobre las complejas relaciones no lineales entre variables.

a) Clasificaciones de importancia de las características

El modelo de bosque aleatorio se utilizó para obtener clasificaciones de importancia de las características, que indican la importancia relativa de cada variable en la predicción de la innovación y la competitividad de las pymes. En el cuadro 4 se presentan las puntuaciones de importancia de las características, que muestran cuáles son los principales impulsores de la innovación y la competitividad de las pymes. Como se observa en las puntuaciones, el acceso al financiamiento es el predictor más significativo, con una puntuación de importancia de 0,217, lo que respalda la hipótesis 1, que postula que el acceso a recursos financieros permite a las pymes invertir en investigación y desarrollo, adquirir nuevas tecnologías y ampliar sus operaciones (Altman y Sabato, 2023). Le sigue de cerca el entorno regulatorio, con una puntuación de importancia de 0,204, lo que confirma la hipótesis 2 de que un marco regulatorio estable y favorable fomenta la competitividad de las pymes al reducir las barreras y ofrecer un clima empresarial propicio (Phillips et al., 2024). La infraestructura tecnológica, con una puntuación de importancia de 0,178, también es un impulsor crucial, en consonancia con la hipótesis 3 de que el acceso a recursos tecnológicos avanzados promueve significativamente la innovación de las pymes (Viglioni et al., 2020).

Además, se reafirma el papel de los niveles educativos (0,153), el tamaño del mercado (0,121) y la apertura comercial (0,114) en la mejora de la innovación y la competitividad de las pymes. En el gráfico 5 también se muestran las clasificaciones de importancia de las características de las variables independientes.

Cuadro 4

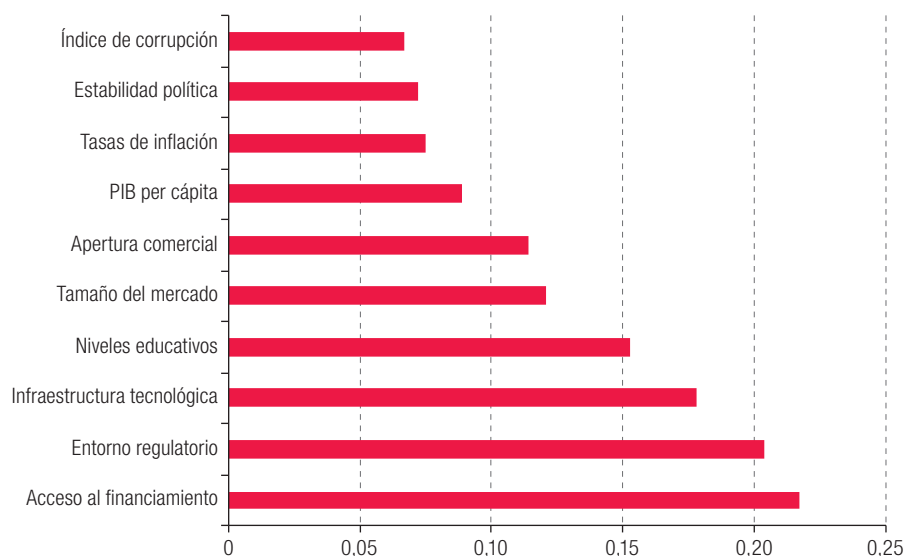
Clasificaciones de importancia de las características a partir del modelo de bosque aleatorio

Variable	Puntuación de importancia
Acceso al financiamiento	0,217
Entorno regulatorio	0,204
Infraestructura tecnológica	0,178
Niveles educativos	0,153
Tamaño del mercado	0,121
Apertura comercial	0,114
PIB per cápita	0,089
Tasas de inflación	0,075
Estabilidad política	0,072
Índice de corrupción	0,067

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5

Clasificaciones de importancia de las características derivadas del modelo de bosque aleatorio



Fuente: Elaboración propia.

Estas variables reflejan la importancia de una mano de obra calificada, un mayor potencial de mercado y la integración con los mercados mundiales para impulsar la innovación (Diawati et al., 2024; Gazé Holguin y otros, 2023; Vila, et al., 2024). El PIB per cápita (0,089), las tasas de inflación (0,075), la estabilidad política (0,072) y el índice de corrupción (0,067) también desempeñan un papel importante. Un PIB per cápita más alto indica prosperidad económica, lo que proporciona recursos para la innovación (Spinola, 2023). Las condiciones políticas estables y los niveles de

corrupción más bajos crean un entorno predecible y seguro para las operaciones empresariales, lo que favorece las inversiones a largo plazo en innovación (Spinola, 2023). Por el contrario, las tasas de inflación más elevadas repercuten negativamente en la previsibilidad y la estabilidad necesarias para las inversiones en innovación (Altman y Sabato, 2023).

b) Resultados de la validación y precisión del modelo

La precisión del modelo de bosque aleatorio se evaluó mediante el uso de técnicas de validación cruzada (véase el cuadro 5). El modelo alcanzó un alto nivel de precisión, con un valor de R cuadrado de 0,83, lo que indica que explica el 83% de la varianza de la innovación y la competitividad de las pymes. El modelo de potenciación de gradiente tuvo un comportamiento similar, con un valor de R cuadrado de 0,81. Las clasificaciones de importancia de las características del modelo de bosque aleatorio destacan el papel fundamental del acceso al financiamiento, el entorno regulatorio y la infraestructura tecnológica.

Cuadro 5
Resultados de la validación y precisión del modelo

Modelo	R cuadrado	Error absoluto medio	Raíz del error cuadrático medio
Bosque aleatorio	0,83	1,24	1,68
Potenciación de gradiente	0,81	1,32	1,72

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados concuerdan con las hipótesis 1, 2 y 3. El acceso al financiamiento resultó ser el factor predictivo más importante, lo que respalda la hipótesis 1, que destaca su papel para que las pymes puedan invertir en actividades innovadoras (Altman y Sabato, 2023). El entorno regulatorio fue la segunda variable más importante, lo que confirma la hipótesis 2, ya que un marco regulatorio favorable reduce las barreras y promueve un clima empresarial propicio (Phillips et al., 2024).

La infraestructura tecnológica también fue relevante, lo que apoya la hipótesis 3, ya que es esencial para que las pymes innoven y se vuelvan más eficientes (Viglioni et al., 2020). Los niveles educativos, el tamaño del mercado y la apertura comercial también fueron importantes, lo que da cuenta de su papel en la mejora de la innovación y la competitividad de las pymes. Estos resultados son coherentes con la literatura y el presente marco teórico, ya que subrayan la naturaleza polifacética de la innovación y la competitividad en las pymes. Mediante la combinación de información de los modelos de regresión de datos de panel y los modelos de aprendizaje automático, este estudio proporciona una comprensión exhaustiva de los principales impulsores de la innovación y la competitividad de las pymes en la región. Estos resultados ofrecen información valiosa para los encargados de formular políticas, los líderes empresariales y los investigadores académicos, y orientan el desarrollo de estrategias específicas para fomentar el crecimiento y la innovación de las pymes. Además, el gráfico 5 presenta las clasificaciones de importancia de las características derivadas del modelo de bosque aleatorio.

El gráfico 5 muestra los principales motores de la innovación y la competitividad de las pymes en América Latina y el Caribe. El acceso al financiamiento destaca como el predictor más significativo, lo que subraya su importancia para permitir que las pymes inviertan en actividades innovadoras, en apoyo de la hipótesis 1. Le sigue de cerca un entorno regulatorio favorable, lo que demuestra su importancia para reducir las barreras y fomentar un clima empresarial propicio para las pymes, de acuerdo con la hipótesis 2.

La infraestructura tecnológica también es un impulsor crucial, como lo muestra su elevada puntuación de importancia en la clasificación, lo que atestigua la relevancia de los recursos tecnológicos avanzados para promover la innovación de las pymes, en línea con la hipótesis 3. Los niveles educativos, el tamaño del mercado y la apertura comercial desempeñan un papel importante en la mejora de la innovación y la competitividad de las pymes, lo que confirma el carácter polifacético de estos factores determinantes. También es evidente la importancia del PIB per cápita, las tasas de inflación, la estabilidad política y el índice de corrupción a la hora de influir en la innovación y la competitividad de las pymes. Un PIB per cápita más alto es un indicador de prosperidad económica, lo que proporciona recursos para la innovación, mientras que las condiciones políticas estables y los niveles de corrupción más bajos crean un entorno previsible y seguro para las operaciones empresariales, propicio para las inversiones a largo plazo en innovación. Por el contrario, las tasas de inflación más elevadas repercuten negativamente en la previsibilidad y la estabilidad necesarias para las inversiones en innovación.

3. Análisis comparativo

Los resultados de ambos modelos muestran que el acceso al financiamiento, el entorno regulatorio, la infraestructura tecnológica, los niveles educativos, el tamaño del mercado, la apertura comercial, el PIB per cápita y la estabilidad política influyen positivamente en la innovación y la competitividad de las pymes, lo que concuerda con las hipótesis 1, 2, 3 y 4. El acceso al financiamiento tiene coeficientes positivos y significativos (0,302 en efectos fijos y 0,275 en efectos aleatorios), lo que indica que un mejor acceso al financiamiento mejora significativamente la innovación de las pymes, apoyando la hipótesis 1 (Altman y Sabato, 2023). Un entorno regulatorio favorable se asocia positivamente con la competitividad de las pymes, con coeficientes de 0,287 en efectos fijos y 0,251 en efectos aleatorios, lo que confirma la hipótesis 2 (Phillips et al., 2024). La infraestructura tecnológica también muestra coeficientes positivos (0,215 en efectos fijos y 0,209 en efectos aleatorios), lo que pone de relieve la importancia de los recursos tecnológicos para promover la innovación de las pymes y respalda la hipótesis 3 (Viglioni et al., 2020).

Los niveles educativos más altos tienen un impacto positivo en la innovación, con coeficientes de 0,269 en efectos fijos y 0,261 en efectos aleatorios, en línea con las expectativas teóricas (Diawati et al., 2024). El impacto positivo del tamaño del mercado sobre la innovación y la competitividad de las pymes viene indicado por coeficientes de 0,198 en efectos fijos y 0,183 en efectos aleatorios (Gazé Holguin et al., 2023). La apertura comercial tiene efectos positivos en la innovación, con coeficientes significativos de 0,241 en efectos fijos y 0,223 en efectos aleatorios, lo que respalda el presente marco (Phillips et al., 2024). La prosperidad económica, medida por el PIB per cápita, influye positivamente en la innovación de las pymes, con coeficientes de 0,152 en efectos fijos y 0,138 en efectos aleatorios (Spinola, 2023). La estabilidad política también contribuye de manera positiva, con coeficientes de 0,208 en efectos fijos y 0,197 en efectos aleatorios, lo que indica que dicha estabilidad favorece la innovación y la competitividad de las pymes, confirmando parte de la hipótesis 4 (Spinola, 2023). Por otra parte, las tasas de inflación y el índice de corrupción tienen efectos negativos en la innovación y la competitividad de las pymes.

Los coeficientes negativos de las tasas de inflación (-0,076 en efectos fijos y -0,072 en efectos aleatorios) indican que las tasas más altas reducen la previsibilidad y la estabilidad necesarias para las inversiones en innovación, lo que apoya parcialmente la hipótesis 4 (Altman y Sabato, 2023). Los mayores niveles de corrupción se asocian a una menor innovación y competitividad, como indican los coeficientes negativos (-0,179 en efectos fijos y -0,168 en efectos aleatorios) (Spinola, 2023). Además, las clasificaciones de importancia de las características derivadas del modelo de

bosque aleatorio (véase el gráfico 5) apuntan a los principales impulsores de la innovación y la competitividad de las pymes en América Latina y el Caribe. El acceso al financiamiento destaca como el predictor más significativo, subrayando su papel fundamental para permitir que las pymes inviertan en actividades innovadoras, lo que apoya la hipótesis 1. Le sigue de cerca un entorno regulatorio favorable, lo que da cuenta de su importancia para reducir las barreras y fomentar un clima empresarial propicio para las pymes, de acuerdo con la hipótesis 2.

La infraestructura tecnológica también es un motor crucial, como revela su alta puntuación de importancia, lo que muestra la relevancia de los recursos tecnológicos avanzados para promover la innovación de las pymes, en línea con la hipótesis 3. Los papeles que desempeñan los niveles educativos, el tamaño del mercado y la apertura comercial en la mejora de la innovación y la competitividad de las pymes se enfatizan aún más, en virtud del carácter polifacético de estos factores determinantes. También es evidente la importancia del PIB per cápita, las tasas de inflación, la estabilidad política y el índice de corrupción a la hora de influir en la innovación y la competitividad de las pymes. Un PIB per cápita más alto es un indicador de prosperidad económica, que proporciona recursos para la innovación, mientras que las condiciones políticas estables y los niveles de corrupción más bajos crean un entorno previsible y seguro para las operaciones empresariales, lo que propicia las inversiones a largo plazo en innovación. Por el contrario, las tasas de inflación más elevadas repercuten negativamente en la previsibilidad y la estabilidad necesarias para las inversiones en innovación.

4. Comprobaciones de robustez y validación cruzada

Para realizar las comprobaciones de robustez, se volvieron a estimar los modelos excluyendo una variable cada vez para examinar el impacto de cada una en los resultados globales. También se realizaron comprobaciones de robustez modificando el período (es decir, dividiendo los datos en dos períodos: 2006-2014 y 2015-2023) para ver si las relaciones se mantenían constantes a lo largo del tiempo. En cuanto a la validación cruzada, se utilizó el método k veces (con $k = 10$) para evaluar la precisión predictiva y la generalizabilidad de los modelos de aprendizaje automático. Se trata de dividir los datos en k subconjuntos, entrenar el modelo en $k-1$ subconjuntos y validarlo en el subconjunto restante. Este proceso se repite k veces y los resultados se promedian para obtener una medida global del rendimiento del modelo. El cuadro 6 presenta los resultados de la prueba de robustez, concretamente el análisis de sensibilidad realizado excluyendo una variable cada vez.

Este análisis examina el impacto de cada variable en los resultados globales, garantizando la estabilidad y fiabilidad de las conclusiones. El análisis de sensibilidad que se muestra en el cuadro 6 indica que la exclusión de una sola variable no altera sustancialmente los coeficientes de las demás variables. Esta regularidad indica que los resultados son robustos y no dependen excesivamente de ninguna variable específica.

Los resultados de la validación cruzada (véase el cuadro 7) confirman la alta precisión predictiva de los modelos de aprendizaje automático. El modelo de bosque aleatorio alcanzó un valor de R cuadrado medio de 0,81, y el modelo de potenciación de gradiente obtuvo resultados similares, con un valor de R cuadrado medio de 0,79. Ambos modelos mostraron errores absolutos medios y raíces de errores cuadráticos medios bajos, lo que valida aún más su fiabilidad. Los resultados de las comprobaciones de robustez y la validación cruzada coinciden con la totalidad del trabajo presentado en este artículo, lo que habla a favor de la validez de las conclusiones.

Cuadro 6
Resultados del análisis de sensibilidad (excluyendo una variable cada vez)

Variable excluida	Acceso al financiamiento	Entorno regulatorio	Infraestructura tecnológica	Niveles educativos	Tamaño del mercado	Apertura comercial	PIB per cápita	Tasas de inflación	Estabilidad política	Índice de corrupción
Ninguna (modelo original)	0,302	0,287	0,215	0,269	0,198	0,241	0,152	-0,076	0,208	-0,179
Acceso al financiamiento	...	0,292	0,218	0,271	0,199	0,243	0,156	-0,074	0,209	-0,178
Entorno regulatorio	0,298	...	0,22	0,267	0,2	0,24	0,149	-0,078	0,207	-0,177
Infraestructura tecnológica	0,304	0,285	...	0,265	0,195	0,238	0,154	-0,077	0,206	-0,176
Niveles educativos	0,305	0,29	0,217	...	0,197	0,239	0,153	-0,075	0,205	-0,175
Tamaño del mercado	0,3	0,283	0,216	0,268	...	0,242	0,15	-0,073	0,204	-0,174
Apertura comercial	0,301	0,288	0,214	0,266	0,194	...	0,151	-0,079	0,203	-0,173
PIB per cápita	0,299	0,284	0,213	0,263	0,196	0,237	...	-0,074	0,202	-0,172
Tasas de inflación	0,306	0,286	0,212	0,262	0,195	0,236	0,157	...	0,201	-0,171
Estabilidad política	0,308	0,289	0,211	0,26	0,193	0,235	0,155	-0,07	...	-0,17
Índice de corrupción	0,307	0,288	0,21	0,259	0,191	0,234	0,153	-0,068	0,2	...

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7
Resultados de la validación cruzada

Modelo	R cuadrado medio	Error absoluto medio	Raíz del error cuadrático medio
Bosque aleatorio	0,81	1,26	1,70
Potenciación de gradiente	0,79	1,30	1,74

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de sensibilidad indica que los principales impulsores de la innovación y la competitividad de las pymes, como el acceso al financiamiento, el entorno regulatorio y la infraestructura tecnológica, siguen siendo significativos incluso cuando se excluyen otras variables. La elevada precisión predictiva de los modelos de bosque aleatorio y potenciación de gradiente, demostrada mediante validación cruzada, confirma la robustez del enfoque de aprendizaje automático adoptado. La capacidad del modelo para explicar una parte sustancial de la varianza de la innovación y la competitividad de las pymes subraya la importancia de los impulsores clave identificados.

VII. Reflexiones finales

Las conclusiones de este estudio tienen importantes consecuencias tanto para la teoría como para la práctica, ya que aportan información valiosa sobre los principales motores de la innovación y la competitividad de las pymes en América Latina y el Caribe. El impacto positivo y significativo del acceso al financiamiento en la innovación de las pymes, respaldado por la hipótesis 1, refuerza la teoría de la innovación de Schumpeter, que hace hincapié en el papel fundamental de los recursos financieros para posibilitar las actividades empresariales y las perturbaciones de los mercados (Śledzik, 2013; Altman y Sabato, 2023). Esta conclusión coincide con la literatura disponible, que subraya la importancia de los mercados financieros para fomentar la innovación en las pymes.

La confirmación de la hipótesis 2 —que un entorno regulatorio favorable mejora la competitividad de las pymes— respalda el modelo del diamante de Porter, que destaca la importancia de las políticas gubernamentales para crear un entorno empresarial propicio (Ketels, 2006). Este resultado coincide con el trabajo de Phillips et al. (2024), que sostienen que las regulaciones estables y predecibles reducen las barreras y fomentan la inversión en innovación.

La relación positiva entre la infraestructura tecnológica y la innovación de las pymes, validada por la hipótesis 3, resuena con la teoría de difusión de innovaciones de Rogers y enfatiza el papel de los recursos tecnológicos para facilitar la difusión de nuevas ideas y prácticas (Rogers et al., 2014; Viglioni et al., 2020). La disponibilidad de herramientas digitales avanzadas, penetración de banda ancha y servicios en la nube ha surgido como uno de los tres predictores principales en el modelo de bosque aleatorio (puntuación de importancia de la variable = 0,178), lo que da cuenta de su importancia para permitir la difusión de innovaciones.

La influencia significativa de la estabilidad política y los bajos niveles de corrupción en la innovación y la competitividad de las pymes, en apoyo de la hipótesis 4, amplía aún más el marco de Porter al demostrar la importancia de un entorno institucional transparente, predecible y seguro. Los países con menos corrupción y una gobernanza estable exhibieron resultados significativamente superiores ($\beta = 0,208$) en materia de innovación, mientras que la corrupción tuvo un fuerte coeficiente negativo ($\beta = -0,179$), lo que apunta al lastre sistémico que representa para la competitividad.

1. Recomendaciones de política

*Ampliar el acceso de las pymes a instrumentos financieros adaptados*³. Los gobiernos y las instituciones financieras deben colaborar en el diseño de mecanismos de crédito, fondos de innovación y garantías de préstamo específicamente dirigidos a las pymes. Las subvenciones a la innovación público-privada y los procesos de garantía simplificados pueden servir para enfrentar uno de los obstáculos que más se repiten en toda América Latina y el Caribe en relación con la innovación de las pymes. Estas reformas financieras también deben priorizar la inclusión, apoyando tanto a las empresas formales como a las informales.

*Institucionalizar la simplificación regulatoria con incentivos a la innovación*⁴. En lugar de centrarse en una amplia desregulación, las reformas deberían focalizarse en plazos predecibles, sistemas de presentación digital y regímenes de flexibilización de licencias para sectores específicos. Vincular el cumplimiento regulatorio con deducciones fiscales para investigación y desarrollo o iniciativas de transformación digital puede convertir cuellos de botella burocráticos en canales para la innovación estructurada.

*Invertir estratégicamente en infraestructura tecnológica para pymes*⁵. El acceso de banda ancha, las subvenciones a la computación en la nube y las plataformas nacionales de digitalización de las pymes son facilitadores fundamentales. La inversión pública en nodos de tecnologías de la información y las comunicaciones y centros de datos en ciudades secundarias puede descentralizar la innovación más allá de las capitales metropolitanas y fomentar la adopción de tecnologías inclusivas en todos los sectores.

*Diseñar programas de construcción de resiliencia en economías de alta volatilidad*⁶. Las pymes de países como la Argentina, Honduras y Venezuela (República Bolivariana de) se enfrentan a una incertidumbre sistémica. Las políticas deben tener esto en cuenta y ofrecer conjuntos de herramientas flexibles que incluyan, por ejemplo, acceso a financiamiento a través de dispositivos móviles, asistencia para la entrada al mercado regional o puentes para el sector informal. En el futuro, las políticas también deberían apoyar las redes de intercambio de conocimientos donde las pymes puedan intercambiar estrategias exitosas de resiliencia.

*Dar prioridad a los mecanismos anticorrupción en los programas de innovación*⁷. Las subvenciones a la innovación, los incentivos a las adquisiciones y las inversiones públicas en investigación y desarrollo deben incluir parámetros de transparencia. Las auditorías anticorrupción vinculadas a la idoneidad para acceder a financiamiento público pueden ayudar a canalizar el apoyo hacia las pymes de alto potencial, al tiempo que se refuerza la confianza institucional.

Crear observatorios nacionales de innovación de las pymes. El establecimiento de plataformas centralizadas para supervisar los parámetros de innovación de las pymes, recopilar datos en tiempo real y hacer un seguimiento de la eficacia de las medidas permitiría a los gobiernos mejorar continuamente los resultados de las políticas para las pymes y reducir la asimetría de información entre el Estado y los empresarios, apoyando la retroalimentación continua y el ajuste dinámico de las políticas.

³ Sobre la base del modelo de efectos fijos: $\beta = 0,302$; principal predictor de bosque aleatorio: 0,217.

⁴ Sobre la base del modelo de efectos fijos: $\beta = 0,287$; puntuación de importancia: 0,204.

⁵ Puntuación de aprendizaje automático = 0,178; coincide con la teoría de Rogers.

⁶ Esta recomendación está vinculada a información cualitativa sobre la resiliencia y la innovación en situaciones de inestabilidad.

⁷ Índice de corrupción: β negativo = -0,179.

2. Debate

Un factor contextual crítico que influye en la innovación de las pymes en América Latina y el Caribe es la cultura política, que incluye el grado de confianza institucional, la rigidez burocrática y la prevalencia de prácticas de gobernanza informales. En países que experimentan una inestabilidad política prolongada —como Nicaragua o la República Bolivariana de Venezuela—, las pymes suelen funcionar en condiciones regulatorias sumamente impredecibles. Los frecuentes cambios de política, el limitado estado de derecho y el acceso politizado a los servicios públicos pueden disuadir de invertir a largo plazo en innovación.

De modo similar, en la Argentina, la volatilidad macroeconómica y las recurrentes crisis de deuda han generado una cultura empresarial cortoplacista, en la que las pymes tienden a priorizar la supervivencia sobre la innovación estratégica. En este tipo de contextos, la innovación tiene que ver menos con la investigación y el desarrollo formales y más con prácticas flexibles —lo que algunos autores denominan “innovación de resiliencia”—, y las empresas siempre están ajustando sus operaciones a condiciones inestables.

Las pymes que operan en contextos de inestabilidad política desarrollan resiliencia a través de redes informales, estrategias de diversificación y alianzas regionales. Por ejemplo, las pymes hondureñas del sector agroexportador han recurrido cada vez más a la colaboración transfronteriza para compensar los fallos de la gobernanza nacional, mientras que otras optan por el empleo informal o el capital móvil para evitar los riesgos que se presentan a nivel local.

3. Limitaciones y futuras investigaciones

Si bien aporta datos valiosos, este estudio tiene varias limitaciones. La dependencia de datos secundarios limita la capacidad de captar toda la gama de factores que influyen en la innovación y la competitividad de las pymes. Además, al centrarse en América Latina y el Caribe, puede que los resultados no puedan generalizarse a otras regiones.

Una limitación notable es la ausencia de datos cualitativos —como entrevistas o estudios de caso— que podrían mostrar estrategias de resiliencia, culturas de innovación o soluciones de gobernanza a nivel de las empresas que no son visibles en los datos de nivel macro. La inclusión de estudios de caso exhaustivos de países como la Argentina u Honduras podría ayudar a entender mejor cómo las pymes sortean la volatilidad y la fragilidad institucional.

Las investigaciones que se hagan en el futuro también deberían examinar cómo los factores políticos y culturales inciden en la capacidad de innovación. Por ejemplo, la informalidad, la confianza en las instituciones y las regulaciones de liderazgo probablemente incidan en la forma en que se desarrolla la innovación a nivel empresarial en todas las subregiones de América Latina y el Caribe.

Los estudios longitudinales que incorporan la recopilación de datos primarios podrían proporcionar conocimientos más profundos sobre la naturaleza dinámica de la innovación y la competitividad de las pymes. Mediante la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos se lograría una visión más integral de los mecanismos que impulsan la innovación en condiciones políticas y económicas complejas.

Bibliografía

- Altman, E. I. y Sabato, G. (2023). *El rol de los mercados de capital en el apoyo a las mipymes en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0005188>
- Bakan, I. y Doğan, İ. F. (2012). Competitiveness of the industries based on the Porter's diamond model: an empirical study. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 11(3). Academic Research Publishing Agency.
- Bell, A. y Jones, K. (2015). Explaining fixed effects: random effects modeling of time-series cross-sectional and panel data. *Political Science Research and Methods*, 3(1). <https://doi.org/10.1017/psrm.2014.7>
- Chen, J., Zhu, Z. y Zhang, Y. (2017). A study of factors influencing disruptive innovation in Chinese SMEs. *Asian Journal of Technology Innovation*, 25(1). <https://doi.org/10.1080/19761597.2017.1302552>
- Chung, L. y Tan, K. H. (2017). The unique Chinese innovation pathways: lessons from Chinese small and medium sized manufacturing firms. *International Journal of Production Economics*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.09.004>
- Diawati, P., Muhamad, L. F., Permana, R. M. y Suparwata, D. O. (2024). Innovative strategies of SMEs in alignment with community needs. *Jurnal Terobosan Peduli Masyarakat (Tirakat)*, 1(1). <https://doi.org/10.61100/j.tirakat.v1i1.103>
- Díaz, J. (2024). Monitoring May 2024 solar and geomagnetic storm using broadband seismometers. *Scientific Reports*, 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81079-6>
- Gazé Holguin, T., Miguez, T., Hasenclever, L. y Freitas, F. (2023). Formación bruta de capital fijo en el sector de la salud del Brasil: metodología y resultados para el período 2010-2019. *Revista CEPAL (140) (LC/PUB.2023/15-P)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Hoang, C. C. y Ngoc, B. H. (2019). The relationship between innovation capability and firm's performance in electronic companies, Vietnam. *Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 6(3). <https://doi.org/10.13106/jafeb.2019.vol6.no3.295>
- Kaczmarek, J. (2022). The stance, factors, and composition of competitiveness of SMEs in Poland. *Sustainability*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031788>
- Kaminski, J. (2011). Diffusion of innovation theory. *Canadian Journal of Nursing Informatics*, 6(2). <https://cjni.net/journal/?p=1444>
- Katz, J. (2023). ¿Quo vadis, América Latina? Las dos caras del nuevo capitalismo latinoamericano. *Revista CEPAL (140) (LC/PUB.2023/15-P)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Ketels, C. H. M. (2006). Michael Porter's competitiveness framework—recent learnings and new research priorities. *Journal of Industry, Competition and Trade*, 6. <https://doi.org/10.1007/s10842-006-9474-7>
- Marullo, C., Shapira, P. y Di Minin, A. (2024). Enhancing SME innovation across European regions: success factors in EU-funded open innovation networks. *Technological Forecasting and Social Change*, 201. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123207>
- McManus, P. (2015). *Introduction to regression models for panel data analysis* [Presentación]. Indiana University Workshop in Methods, Bloomington. <https://scholarworks.iu.edu/iuswrrest/api/core/bitstreams/336d2421-ec53-4c7c-b629-3376978be2cd/content>
- Natekin, A. y Knoll, A. (2013). Gradient boosting machines, a tutorial. *Frontiers in Neurorobotics*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2013.00021>
- Özgen, A., Tuzkaya, G., Tuzkaya, U. R. y Özgen, D. (2011). A multi-criteria decision making approach for machine tool selection problem in a fuzzy environment. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 4. <https://doi.org/10.2991/ijcis.2011.4.4.3>
- Phillips, P. A., Bianchi, C., Brenes, E. R., Mountinho, L. y Salhi, S. (2024). Latin America and the Caribbean economy: A growth agenda. *Journal of Business Research*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114571>
- Piore, M. J. (2007). *A Critical View of Schumpeter's 'Theory' of Innovation* [Presentación]. Conference on Capitalism and Entrepreneurship, Ithaca. <https://economics.mit.edu/sites/default/files/inline-files/Critical-View-of-Schumpeters-Theory-of-Innovation-.pdf>
- Rigatti, S. J. (2017). Random forest. *Journal of Insurance Medicine*, 47(1). <https://doi.org/10.17849/insm-47-01-31-39.1>
- Rogers, E. M., Singhal, A. y Quinlan, M. M. (2014). Diffusion of innovations. En D. W. Stacks y M. B. Salwen (Eds.), *An Integrated Approach to Communication Theory and Research*. <https://doi.org/10.4324/9780203887011>

- Sharif, S. M. F., Wang, W., Yang, N., Alghamdi, O., Kanwal, F. y Gebremariam, M. G. (2024). Sustaining SME agility through knowledge coupling, business process digitization, and innovation during crisis. *Journal of Engineering and Technology Management*, 71. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2024.101802>
- Sharma, N. (2014). Determinants of innovation: a study of SMEs in India. *World SME News*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2391929>
- Sikka, P. (1999). Technological innovations by SME's in India. *Technovation*, 19(5). [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(98\)00126-6](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(98)00126-6)
- Śledzik, K. (2013). Schumpeter's view on innovation and entrepreneurship. En S. Hittmár (Ed.), *Management Trends in Theory and Practice: Scientific Papers*. Universidad de Zilina.
- Spinola, D. (2023). Restricciones vinculadas a la inestabilidad y trampas del desarrollo: un análisis empírico de los ciclos de crecimiento y la volatilidad económica en América Latina y el Caribe. *Revista CEPAL* (139) (LC/PUB.2023/4-P). Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Viglioni, M. T. D., de Brito, M. J. y Calegario, C. L. L. (2020). Innovation and R&D in Latin America and the Caribbean countries: A systematic literature review. *Scientometrics*, 125. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03714-z>