

CAPITAL HUMANO, INNOVACIÓN Y DIGITALIZACIÓN. CLAVES ECONÓMICAS EN AMÉRICA LATINA

Guillermo S. Tovar-Sánchez^a

Fecha de recepción: 26 de febrero de 2025. Fecha de aceptación: 18 de julio de 2025.

<https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2025.223.70353>

Resumen. Este estudio examina la relación entre inversión en educación superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, formación de Capital Humano Especializado, digitalización y crecimiento económico en América Latina (2000-2019). Se estiman tres modelos de datos panel con efectos fijos, articulados con el modelo de Cambio Estructural Progresivo. La inversión en I+D y educación terciaria impulsa la formación de Capital Humano Especializado; la densidad de investigadores y la digitalización inciden positivamente en el crecimiento económico; y la interacción entre Capital Humano Especializado y educación refuerza dicho efecto. El isomorfismo político entre educación superior y sistemas de innovación resulta clave. Se recomienda una gobernanza colaborativa con políticas de largo plazo que integren educación, innovación y digitalización.

Palabras clave: capital humano; innovación; cambio tecnológico; modelos con datos de panel.

Clasificación JEL: J24; O31; O33; C33

HUMAN CAPITAL, INNOVATION AND DIGITALIZATION. ECONOMIC DRIVERS IN LATIN AMERICA

Abstract. This study examines the relationship between investment in higher education, Science, Technology and Innovation, the training of Specialized Human Capital, digitalization and economic growth in Latin America (2000-2019). Three fixed-effects panel data models linked to the Progressive Structural Change model are estimated. Investment in research and development (R&D) and tertiary education drives the formation of Specialized Human Capital. Additionally, researcher density and digitalization positively impact economic growth and the interaction between Specialized Human Capital and education reinforces this effect. Political isomorphism between higher education and innovation systems is essential. The study recommends collaborative governance with long-term policies that integrate education, innovation and digitization.

Key words: human capital; innovation; technological change; panel data models.

^a Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) sede México. Correo electrónico: guillermo.tovar@flacso.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La formación de Capital Humano Especializado (CHE)¹ se ha consolidado como un eje estratégico para el desarrollo en contextos de creciente digitalización global. Desde mediados del siglo xx, la literatura especializada ha explorado sistemáticamente los vínculos entre Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), educación y progreso económico, con énfasis reciente en los desafíos de la transformación digital (Sabato y Botana, 1968; Vessuri, 1997; Albornoz, 2001; Casalet y Stezano, 2020b). Algunos estudios destacan la interdependencia entre los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) y la educación superior como pilares para la creación de CHE, particularmente ante las demandas de la cuarta Revolución Industrial (CEPAL, 2018; Suarez *et al.*, 2020; Buendía García *et al.*, 2017). No obstante, persiste un vacío analítico respecto a los mecanismos institucionales que articulan ambos sistemas en América Latina y sus efectos en la dinámica económica regional. Lo anterior plantea intentar responder a las siguientes preguntas: ¿cómo la cantidad de investigadores impacta el crecimiento económico?, ¿cómo la inversión en educación terciaria y en CTI impacta la formación de personas investigadoras?, ¿es posible afirmar que la inversión en educación y CTI produce más personas investigadoras y esto se traduce en mayor crecimiento económico?

La evaluación del CHE prioriza indicadores cuantitativos –producción científica, matriculación en posgrado, inversión en CTI o registros de patentes– como base para el diseño de políticas de innovación (Edquist, 2019; Locatelli, 2018; Barrientes Seborga, 2020). Si bien ese enfoque permite diagnósticos comparativos, también presenta limitaciones para capturar procesos cualitativos en la interacción entre actores educativos, productivos y estatales. En economías en desarrollo, donde los SNI suelen ser incipientes y fragmentados, estudios recientes destacan tres dimensiones críticas: 1) la educación como bien público con externalidades positivas en crecimiento económico (Espinoza, 2017; Fuentes, 2013); 2) la formación de investigadores como factor diferenciador en cadenas de I+D+i (CEPAL, 2018; Grundke *et al.*, 2018); y 3) las asimetrías entre inversión en CTI, capital educativo y nivel de ingreso

¹ Si bien el concepto de CHE es más amplio (y será desarrollado más adelante), en esta investigación se entenderá como: “los investigadores dedicados a investigación y desarrollo son profesionales que se dedican al diseño o creación de nuevos conocimientos, productos, procesos, métodos o sistemas, y a la gestión de los proyectos correspondientes. Se incluyen los estudiantes de doctorado (nivel 6 de la CINE 97) dedicados a investigación y desarrollo” (Banco Mundial, 2025). Mientras que, el concepto de formación de Capital Humano Especializado, se refiere al proceso de enseñanza-aprendizaje en el nivel terciario, cuyo resultado son las personas egresadas.

nacional (Ríos Bolívar y Marroquín Arreola, 2013; Suarez *et al.*, 2020). Pese a estos avances, la literatura regional ha soslayado el análisis de los isomorfismos institucionales entre educación superior e innovación, clave para comprender cómo las inversiones conjuntas en ambos sistemas potencian sinergias en la creación de CHE.

Este estudio propone un enfoque analítico para examinar la brecha entre la formación de CHE, los procesos de digitalización y el desarrollo económico en América Latina. A partir del modelo de CEP, se sugiere que la inversión en educación superior e I+D no sólo incrementa la disponibilidad de personal altamente calificado en el mediano plazo, sino también genera sinergias que fortalecen la base científica y tecnológica de los países.

Se argumenta además que la densidad de investigadores en CTI y el fortalecimiento institucional del sistema educativo superior inciden directamente en los niveles de digitalización, promoviendo procesos de convergencia e isomorfismo entre el aparato educativo y los sistemas nacionales de innovación. Esta articulación, a su vez, contribuye al crecimiento económico, no sólo de manera directa, sino también mediante la interacción positiva entre el capital humano y las capacidades digitales disponibles en cada país.

Los hallazgos respaldan parcialmente las hipótesis planteadas: mientras los modelos 1 y 3 muestran asociaciones significativas y consistentes entre la inversión en educación, la inversión en I+D y la formación de CHE con el crecimiento económico, el modelo 2 evidencia patrones heterogéneos en la relación entre digitalización y CHE, con efectos no siempre significativos ni robustos.

Los resultados aportan evidencia empírica para debates contemporáneos sobre políticas de innovación en América Latina, particularmente en tres aspectos: 1) la necesidad de superar enfoques fragmentados entre educación, CTI y digitalización mediante estrategias integrales de cambio estructural progresivo; 2) la importancia de fortalecer mecanismos de gobernanza colaborativa e isomorfismo político que alineen incentivos institucionales entre sistemas de educación superior y sistemas nacionales de innovación; 3) los desafíos metodológicos en la medición de sinergias entre sistemas, destacando la relevancia de utilizar modelos de datos panel con interacciones temporales para capturar efectos diferidos y contextualmente condicionados.

El artículo se estructura en cinco secciones después de esta introducción. Primero, se revisa el modelo de Cambio Estructural Progresivo (CEP) como una base teórica de entendimiento de la región. En la siguiente sección se desarrolla el marco analítico. Después, se detalla la metodología y las fuentes

de datos. En tanto en la siguiente sección se presentan los resultados, contrastándolos con estudios previos. Finalmente, en la última sección se discuten implicaciones para el diseño de políticas públicas en la región.

2. MODELO DE CAMBIO ESTRUCTURAL PROGRESIVO

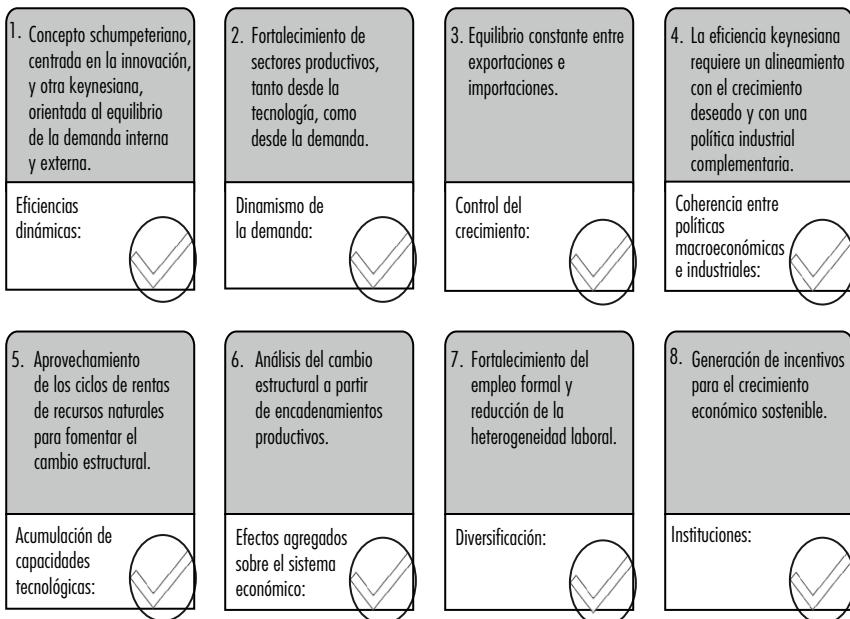
En América Latina, la digitalización cobró relevancia desde principios del siglo xxi, marcando un cambio en la estructura productiva de la región (Casalet y Stezano, 2020a). Se entiende a la digitalización como la incorporación de tecnologías digitales en los procesos industriales y de manufactura propios de la denominada Industria 4.0 (Yoguel, 2020; Carmona *et al.*, 2020; Casalet, 2018). No obstante, la región enfrenta diversos desafíos, entre los que destacan: la baja tasa de digitalización en los procesos productivos (Casalet y Stezano, 2020a y b; CEPAL, 2018); el impacto de la crisis económica exacerbada por la pandemia de covid-19, que profundizó las desigualdades preexistentes (Stezano, 2021; CEPAL, 2020; OECD *et al.*, 2020); y la necesidad de fortalecer la formación de CHE para facilitar la transición digital en la estructura productiva (CEPAL, 2018; Grundke *et al.*, 2018; Katz, 2018). Este último aspecto es central en la presente investigación, lo que requiere de un marco analítico que permita analizar la multidimensionalidad del crecimiento económico y su relación con la formación de CHE.

El modelo de CEP (Stezano, 2021; CEPAL, 2012 y 2016) ofrece un marco teórico idóneo para este análisis, ya que explica la evolución de las economías a través del capital humano y la demanda. A lo largo del siglo xx, la región implementó diversos modelos de desarrollo, pero el modelo CEP destaca por su consideración de las desigualdades estructurales (Stezano, 2021). Según la CEPAL (2012), el modelo CEP se basa en los principios de la figura 1.

A pesar del potencial del modelo CEP, las políticas nacionales han hecho escasos esfuerzos por favorecer la implementación integral del cambio estructural. En ese sentido, Stezano (2021) presenta una síntesis renovada del modelo CEP que incorpora seis dimensiones clave: 1) equidad social; 2) transición de empleos a sectores de alta productividad; 3) sostenibilidad ambiental; 4) diversificación productiva; 5) políticas macroeconómicas orientadas al crecimiento; y 6) políticas industriales para la acumulación de capacidades.

En ese marco, la digitalización, la formación de CHE y la acumulación de capacidades tecnológicas se configuran como dimensiones interdependientes dentro de las estrategias de cambio estructural progresivo. Mientras el modelo CEP enfatiza la necesidad de políticas integrales para impulsar sectores

Figura 1. Principio de modelo de CEP



Fuente: elaboración propia con base en Stezano (2021).

productivos dinámicos y reducir desigualdades, la literatura sobre CHE aporta elementos clave para comprender cómo la inversión en educación superior y en I+D se traduce en capacidades efectivas para la innovación.

Sin embargo, el sólo incremento en el número de egresados universitarios o en la inversión pública en CTI no garantiza, por sí mismo, una articulación eficiente entre educación, ciencia y desarrollo productivo. De allí que resulte fundamental incorporar un enfoque que considere las relaciones estructurales entre los sistemas de educación superior y los sistemas nacionales de innovación. Esa perspectiva pone de relieve el concepto de isomorfismo político, entendido como el grado de correspondencia y alineación entre dichos sistemas, así como la existencia de mecanismos de gobernanza colaborativa que posibiliten una integración funcional sin pérdida de autonomía institucional.

A partir de esa articulación teórica, es que el presente estudio se orienta a analizar cómo las inversiones en educación superior y CTI, junto con el nivel de digitalización, impactan tanto en la formación de CHE como en el desarrollo económico, considerando las características estructurales e institucionales propias de cada país de América Latina.

3. CAPITAL HUMANO ESPECIALIZADO, ISOMORFISMO POLÍTICO Y GOBERNANZA

El estudio del CHE en países en desarrollo ha sido objeto de análisis en diversas investigaciones, en particular en lo que respecta a su relación con la inversión en educación, CTI (Arias Ortiz *et al.*, 2020; Barrientes Seborga, 2020; González y Jiménez, 2014; Lucía *et al.*, 2012; Rivas Tovar, 2004; Sánchez Luján y Hinojosa Luján, 2020; Suárez *et al.*, 2020). En esa tesitura, Ríos Bolívar y Marroquín Arreola (2013) destacan que, en el caso de México, los incentivos económicos dirigidos a fomentar la inversión en I+D tienen un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento económico, lo que refuerza la importancia de políticas orientadas a fortalecer los sistemas nacionales de innovación.

Suárez *et al.* (2020) profundizan en el análisis al examinar la inversión en CTI y CHE en una muestra de 72 países. Los resultados indican que, mientras que la inversión en I+D tiene un impacto positivo en el crecimiento del PIB, tanto en países de ingreso alto como medio, la inversión específica en CHE resulta significativa únicamente en países de ingreso medio. Esa observación coincide con las conclusiones de Barrientes Seborga (2020), quien evalúa el papel de la educación como bien público en la región andina y sostiene que existe una relación causal directa entre la inversión educativa y el crecimiento económico.

Por su parte, Locatelli (2018) problematiza la conceptualización de la educación como bien público señalando que, aunque el discurso político la presenta de esa manera, en la práctica su definición resulta ambigua debido a la intersección entre ámbitos públicos y privados en su implementación. El debate no es menor considerando los planteamientos de Figueroa-García (2014), quien subraya que en América Latina los programas de formación de investigadores a nivel de posgrado son aún recientes y enfrentan retos relacionados con la consolidación de ecosistemas académicos robustos y sostenibles, aspecto también señalado por Mayta-Tristán (2010), respecto al papel de las sociedades científicas en la región.

En consecuencia, la literatura revisada coincide en destacar la necesidad de desarrollar un ecosistema académico y científico que no sólo favorezca la formación de CHE, sino que también supere los retos de gobernanza, institucionalidad y democratización de la educación superior y la investigación (Arias Ortiz *et al.*, 2020; Barrientes Seborga, 2020; Suárez *et al.*, 2020). Este planteamiento se articula con la importancia de fortalecer la gestión del conocimiento en universidades y centros de investigación (Romo-González *et*

al., 2012), entendida como un proceso orientado a elevar el capital humano y mejorar las capacidades institucionales para la innovación y el desarrollo social.

Finalmente, la digitalización representa un desafío estructural y una oportunidad para potenciar el desarrollo económico a través de la formación de CHE que dé respuestas al reto. Tal como sostienen Grundke *et al.* (2018) y Katz (2018), las políticas públicas que prioricen la inversión en formación científica, tecnológica y en habilidades digitales serán determinantes para superar las brechas existentes en materia de desarrollo económico y social.

La relación entre inversión en I+D o en educación superior y el desempeño de los SNI ha sido ampliamente documentada en América Latina (Arias Ortiz *et al.*, 2020; Barrientes Seborga, 2020; Buendía García *et al.*, 2017; Estudios y Documentos de Política Científica en ALC, 2010; Garza y Espinosa, 2015; Ríos Bolívar y Marroquín Arreola, 2013; Senclier de Cortez, 2017; Suárez *et al.*, 2020). Sin embargo, existe consenso en que el desafío radica en la forma de operacionalizar y medir de manera específica la formación de CHE dentro de los SNI.

Los enfoques tradicionales se han limitado a analizar la cantidad de egresados universitarios como indicador de formación de CHE (Buendía García *et al.*, 2017; Garza y Espinosa, 2015; Senclier de Cortez, 2017), lo que resulta insuficiente para capturar tanto la capacidad estatal en la provisión de recursos como el impacto efectivo de dicha formación en el desempeño de los SNI. Además, esos análisis tienden a considerar la inversión en educación superior sólo como insumo y no como un proceso ni como un resultado específico en términos de investigadores activos.

Frente a esas limitaciones, este estudio propone tomar como base el modelo CEP integrando el concepto de isomorfismo político para comprender las relaciones entre educación superior y CTI. El isomorfismo político se entiende aquí como la correspondencia estructural y funcional entre dos sistemas que interactúan sin perder autonomía, generando arreglos institucionales y mecanismos de gobernanza colaborativa (Casalet, 2018 y 2020; Locatelli, 2018). Esta perspectiva es especialmente relevante en el contexto latinoamericano, donde la coevolución entre ambos sistemas se ha intensificado desde principios del siglo XXI (Romo-González *et al.*, 2012).

Desde este enfoque, la formación de CHE se conceptualiza en dos dimensiones:

- Educativa: en la cual las universidades forman profesionales orientados a la resolución de problemas locales mediante procesos de innovación (Gregorutti, 2014). Esta dimensión incorpora la idea de que la formación es un proceso social y relacional, coherente con la perspectiva sociológica de los paradigmas científicos de Kuhn (1971).
- Económica: donde la formación de CHE genera externalidades positivas tales como la alineación del mercado laboral con los egresados (Arias Ortiz *et al.*, 2020), el impulso a empresas tecnológicas (Grilli y Murtinu, 2018; Wang, 2017), y el fortalecimiento de capacidades de absorción de conocimiento en las empresas (Lenihan *et al.*, 2019).

Ambas dimensiones refuerzan la hipótesis del isomorfismo político entre educación superior y los SNI, articulando un marco de análisis que incluye mecanismos de gobernanza colaborativa basados en redes de actores, acuerdos formales e informales, y estrategias de innovación institucional (Casalet, 2020).

En términos metodológicos, este estudio utiliza modelos de datos panel con efectos fijos individuales e interacción temporal para analizar el efecto de la inversión pública en educación superior y la inversión en actividades CTI sobre el crecimiento económico y la formación de CHE. Se seleccionan variables que permiten capturar tanto insumos (como el gasto en I+D y el gasto en educación terciaria) como resultados (cantidad de investigadores por millón de habitantes), superando las limitaciones de estudios previos centrados sólo en indicadores agregados. Esta estrategia responde a la necesidad de evaluar los efectos interactivos entre inversión, formación de CHE y desarrollo económico bajo un enfoque de gobernanza colaborativa y análisis estructural.

En síntesis, el argumento central sostiene que la densidad de investigadores en CTI constituye un factor clave asociado al desarrollo económico de los países, en tanto refleja la acumulación de CHE. No obstante, dicha relación no opera de manera automática: se encuentra condicionada por la existencia de esquemas de gobernanza colaborativa, entendidos como el grado de alineación e interacción –o isomorfismo político– entre los sistemas nacionales de innovación y de educación superior. En contextos donde este isomorfismo es débil, es previsible que las capacidades tecnológicas se vean limitadas, restringiendo el impacto del capital humano en el crecimiento económico. Por el contrario, en países donde dicha articulación es sólida, se observa una mayor capacidad para traducir los esfuerzos en CTI en procesos productivos que contribuyen al desarrollo económico.

Asimismo, un componente crítico dentro de las capacidades tecnológicas contemporáneas es el nivel de digitalización, entendido como la adopción y

el uso extendido de las TIC en la sociedad y el aparato productivo. No obstante, en el contexto latinoamericano, la digitalización no siempre ha actuado como un motor directo del desarrollo económico. Diversos estudios (Casalet y Stezano, 2020a; Casalet, 2018 y 2020) advierten que, en ausencia de marcos institucionales sólidos y de articulación efectiva entre el sistema educativo, el sistema de innovación y el sector productivo, la digitalización puede generar efectos limitados o incluso dispares, funcionando más como un factor estructural de rezago, que como un impulsor de crecimiento. Por tanto, su análisis se incorpora en el presente estudio como una variable moduladora, cuyo efecto se presume condicionado por las características institucionales específicas de cada país.

Cabe destacar que esas dinámicas se ven moduladas por características estructurales e institucionales específicas de cada país, como son el modelo de gobernanza, la estructura económica o la cultura organizacional en torno a la ciencia y la tecnología, las cuales tienden a permanecer relativamente constantes en el tiempo.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente análisis parte del supuesto de que las dinámicas entre formación de capital humano, digitalización y desarrollo económico en América Latina están mediadas por factores estructurales y efectos inobservables específicos de cada país. Esta condición justifica la utilización de modelos de efectos fijos (Wooldridge, 2010; Nickell, 1981), con el fin de controlar heterogeneidades no observadas y estimar con mayor precisión la incidencia de las variables explicativas sobre el crecimiento económico.

Desde esta perspectiva, se considera que un aumento sostenido en la inversión pública en educación superior y en I+D tiene un impacto estructural en la expansión del CHE, medido a través de la densidad de investigadores por millón de habitantes. Esta relación parece responder, en buena medida, a las capacidades institucionales de articulación entre los sistemas de educación superior y los sistemas nacionales de innovación.

Asimismo, se espera que dicha densidad de capital humano incida positivamente sobre el nivel de digitalización de los países, aunque este efecto podría mostrar sensibilidad en el corto plazo y revelar ciertos límites estructurales vinculados con la absorción tecnológica y la débil coordinación entre sectores educativo y productivo.

Finalmente, se plantea que tanto la densidad de investigadores como la inversión en educación terciaria contribuyen de manera significativa al crecimiento económico, y que su interacción potencia este efecto, reflejando sinergias propias de una gobernanza colaborativa entre actores educativos, científicos y productivos. La digitalización, por su parte, actúa como un factor complementario al capital humano, incidiendo también de forma positiva sobre el desempeño económico, aunque sin evidenciarse efectos de interacción significativos.

Para contrastar las hipótesis planteadas, se empleó un modelo de efectos fijos de una vía (individual) para la primera y tercera hipótesis, mientras que para la segunda se utilizó una de dos vías. Lo anterior a partir de aplicar pruebas F para efectos individuales o temporales (Wooldridge, 2010).

Para capturar la naturaleza diferida de ciertos procesos estructurales, se incorporaron rezagos temporales en variables clave como la inversión en I+D y en educación terciaria. Esta decisión responde a dos razones principales: primero, desde una perspectiva teórica, los efectos de estas inversiones sobre la formación de CHE y su posterior impacto en la economía no son inmediatos, sino que suelen manifestarse en el corto y mediano plazo (uno a cinco años), de acuerdo con la literatura sobre cambio estructural (CEPAL, 2018). Segundo, desde un enfoque econométrico, el uso de rezagos permite mitigar posibles problemas de endogeneidad y simultaneidad, al reducir el riesgo de que las variables explicativas estén correlacionadas con el término de error contemporáneo. En ese sentido, los rezagos permiten estimar con mayor precisión los efectos causales acumulados a lo largo del tiempo, aspecto particularmente relevante en estudios de desarrollo económico en contextos de cambio institucional y tecnológico lento.

La estructura de la base de datos es de tipo panel, y se utilizaron los datos del Banco Mundial (2025) actualizada al 1 de julio de 2025. La muestra incluye observaciones de 21 países de América Latina durante el periodo 1999-2019 (Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, Ecuador, Guatemala, Haití, Honduras, México, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela).

En cuanto a los modelos econométricos, el primero tuvo como objetivo estimar el efecto de la inversión en I+D y en educación terciaria sobre la formación de CHE, operacionalizada mediante la cantidad de investigadores dedicados a I+D por cada millón de habitantes (IDIDXM). Esta estimación se fundamenta en el enfoque del modelo de CEP, que destaca la acumulación de capacidades tecnológicas y la formación de CHE como dimensiones clave para el desarrollo económico sostenible en América Latina.

- Variable dependiente: investigadores dedicados a I+D por cada millón de habitantes.
- Variables de tratamiento: gasto en I+D como porcentaje del PIB; Gasto público en educación terciaria por alumno como porcentaje del PIB per cápita, ajustado mediante de-mean intra-país para capturar exclusivamente la variación dentro de cada unidad observacional.
- Variables de control: exportaciones de productos de alta tecnología; Inflación, precios al consumidor (% anual); Valor agregado de la industria como porcentaje del PIB.

La formulación econométrica corresponde a un modelo de efectos fijos individuales:

$$\begin{aligned}
 IDIDxM_{it} = & \beta^0 + \beta^1 GastoIDxPIB_{it} + \beta^2 GastoAlumno_{pib_{it}} \\
 & + \beta^3 EPAT_{it} + \beta^4 Inflación_{anual_{it}} \\
 & + \beta^5 ValorAgregadoIndustria_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}
 \end{aligned}$$

Donde μ_i representa efectos fijos por país, y ε_{it} el término de error idiosincrático.

El segundo modelo evaluó el efecto que la densidad de investigadores, junto con el gasto en educación terciaria y en I+D, ejerce sobre el nivel de digitalización en los países de América Latina, operacionalizado mediante el porcentaje de individuos que utilizan internet. Esta relación se articula desde el enfoque de isomorfismo político planteado en el marco teórico, considerando que un ecosistema académico y científico robusto debería contribuir a incrementar la capacidad de absorción tecnológica, reflejada en mayores niveles de digitalización.

- Variable dependiente: porcentaje de individuos que utilizan internet.
- Variables de tratamiento: investigadores dedicados a I+D por cada millón de habitantes; Gasto público en educación terciaria como porcentaje del PIB per cápita.
- Variables de control: exportaciones de bienes y servicios como porcentaje del PIB; Inflación, precios al consumidor (% anual); Valor agregado de la industria como porcentaje del PIB.

La formulación econométrica se especifica como:

$$\begin{aligned} \text{Usuarios de internet}_{it} = & \beta^0 + \beta^1 \text{IDIDxM}_{it} \\ & + \beta^2 \text{GastoAlumno}_{pib,it} \\ & + \beta^3 \text{Exportación de ByS. pib}_{it} \\ & + \beta^4 \text{Inflaciónanual}_{it} \\ & + \beta^5 \text{Valor agregado industria}_{it} \\ & + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

Siendo un modelo de efectos fijos de dos vías (individuales y temporales), dada la naturaleza del fenómeno analizado y la evidencia empírica observada en las pruebas F para efectos significativos.

El tercer modelo estimó el impacto conjunto de la densidad de investigadores, el nivel de digitalización y la inversión pública en educación terciaria sobre el desarrollo económico, medido mediante el logaritmo natural del PIB per cápita. De acuerdo con el marco teórico, este modelo permite poner a prueba la hipótesis del isomorfismo político y evaluar cómo estas dimensiones interactúan para configurar trayectorias de CEP en los países de América Latina.

- Variable dependiente: logaritmo natural del PIB per cápita.
- Variables de tratamiento: gasto público en educación terciaria como porcentaje del PIB per cápita; Investigadores dedicados a I+D por cada millón de habitantes; Interacción entre gasto por alumno e investigadores por cada millón para capturar efectos moduladores; Porcentaje de individuos que utilizan internet.
- Variables de control: exportaciones de bienes y servicios como porcentaje del PIB; Inflación, precios al consumidor (% anual); Valor agregado de la industria como porcentaje del PIB.

La formulación econométrica del modelo se expresa así:

$$\begin{aligned}\log(PIB \text{ per } \text{cápita}_{it}) = & \beta^0 + \beta^1 Gasto \text{ x Alumno}_{pib_{it}} \\ & + \beta^2 IDIDxM_{it} + \beta^3 Gasto \text{ x Alumno}_{pib} \\ & * IDIDxM_{it} + \beta^4 Usuarios \text{ de } internet_{it} \\ & + \beta_x Controles_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it}\end{aligned}$$

Modelo de efectos fijos individuales que, de acuerdo con los resultados empíricos obtenidos, evidencia un efecto significativo de la interacción entre digitalización y CHE sobre el desarrollo económico, condicionado por las características estructurales de cada país.

Para el análisis de datos se utilizó el entorno de programación RStudio versión 2025.05.0. Para determinar el modelo que se utilizó, se corrieron modelos de dos vías, temporal e individual. Los modelos se compararon mediante un F-test (Wooldridge, 2010) donde se contrastó la inclusión conjunta de los efectos de país frente a los de año, lo que justifica –en este caso– el modelo *two-ways* para el modelo dos como la especificación que mejor capta la heterogeneidad del panel.

Finalmente, con el propósito de asegurar la robustez de los resultados obtenidos y verificar la consistencia de los estimadores, se aplicó la función *coeftest*. Esta función permite estimar errores estándar robustos frente a heterocedasticidad y autocorrelación en modelos de datos de panel (Wooldridge, 2010), garantizando así, que los resultados reportados no sean producto de supuestos restrictivos. Para el ajuste y la estimación de los modelos, se emplearon las librerías especializadas *plm* y *sandwich*, ampliamente reconocidas en la literatura econométrica aplicada.

De manera complementaria, se atendieron todas las consideraciones metodológicas necesarias para preservar la validez interna y la coherencia interpretativa de los modelos: *i*) se controlaron efectos fijos específicos por país para reducir el sesgo por variables omitidas; *ii*) se documentaron de manera exhaustiva los criterios de selección de variables de tratamiento y control, atendiendo tanto a criterios teóricos como empíricos. Estas precauciones metodológicas buscan garantizar que los coeficientes reportados sean interpretables de manera consistente y que las conclusiones derivadas se sustenten en bases estadísticamente sólidas.

5. RESULTADOS

Los resultados permiten validar empíricamente algunas de las hipótesis formuladas en el marco del modelo de CEP, articulando la relación entre inversión en ciencia y tecnología, formación de CHE, digitalización y crecimiento económico en América Latina (véase tabla 1).

En primer lugar, los modelos 1 y sus variantes con rezago (uno, tres y cinco años) confirman que el gasto en I+D presenta un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la cantidad de investigadores por millón de habitantes, especialmente en el rezago inmediato (Modelo 1) y a un año (Modelo 1.1). Estos hallazgos son consistentes con el principio del CEP relacionado con la acumulación de capacidades tecnológicas y refuerzan la idea de que una política de inversión pública sostenida en CTI es determinante para fortalecer el CHE. No obstante, se observa que este efecto se diluye en los rezagos a tres y cinco años, lo cual podría interpretarse como evidencia de la falta de mecanismos de gobernanza colaborativa robustos que sostengan de manera continua este impacto, en línea con lo señalado por Casale (2020) y Locatelli (2018).

En segundo lugar, los Modelos 2, 2.1, 2.3 y 2.5, que vinculan investigadores por millón con el nivel de digitalización medida a través de la cantidad de usuarios de internet, muestran resultados más heterogéneos. Mientras que el Modelo 2 y el Modelo 2.5 presentan efectos significativos de investigadores por millón sobre usuarios de internet, los Modelos 2.1 y 2.3 no alcanzan significación estadística. Este comportamiento refuerza la tesis planteada sobre la digitalización como una dimensión moduladora que no opera de forma lineal. La literatura revisada advierte que, en ausencia de estructuras institucionales sólidas, el CHE puede no integrarse plenamente en los procesos de digitalización productiva, limitando su impacto económico (Grundke *et al.*, 2018; Katz, 2018). El signo negativo y significativo de las exportaciones de bienes y servicios en el Modelo 2.5 también sugiere tensiones estructurales asociadas a la inserción internacional de las economías latinoamericanas, evidenciando que no siempre mayor apertura económica se traduce en mayores niveles de digitalización.

Finalmente, los Modelos 3, 3.1, 3.3 y 3.5 permiten observar el efecto conjunto de investigadores por millón, gasto por alumno, usuarios de internet y la interacción entre investigadores por millón y gasto por alumno sobre el crecimiento económico, medido mediante el logaritmo natural del PIB per cápita. Los resultados muestran que tanto investigadores por millón, gasto por alumno y usuarios de internet mantienen efectos estadísticamente significativos y consistentes en todos los modelos. De forma destacada, la interacción

entre investigadores por millón y gasto por alumno presenta un efecto positivo y significativo en todas las especificaciones, lo que refuerza el argumento del isomorfismo político: la correspondencia estructural y funcional entre el sistema de educación superior y el sistema de innovación contribuye de manera articulada al crecimiento económico. La evidencia sugiere que no basta con invertir de manera aislada en **CHE** o en educación terciaria; es la combinación de ambas dimensiones, expresada en el efecto interactivo, la que potencia los resultados. Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Suarez *et al.* (2020) y Barrientes Seborga (2020) respecto a la necesidad de fortalecer mecanismos de gobernanza colaborativa que alineen de manera efectiva ambos sistemas.

Los resultados robustos presentados en la tabla 2 confirman parcialmente las hipótesis planteadas por el modelo de **CEP** y la teoría del isomorfismo político, y proporcionan evidencia empírica diferenciada según el tipo de relación modelada: formación de **CHE**, digitalización e impacto económico.

En primer lugar, en los modelos R 1 que vinculan la inversión en educación superior y en **CTI** con la formación de **CHE** (investigadores por millón), se observa un efecto positivo y estadísticamente significativo del gasto en **I+D** (gasto por alumno) en el modelo 1, mientras que en el modelo 1.1 –rezago a un año– además de **I+D**, también es significativa el gasto en educación terciaria (gasto por alumno). Esa relación desaparece o pierde significancia a mayores rezagos, lo cual es coherente con la literatura que señala que el efecto de las inversiones en **CTI** sobre la formación de **CHE** es sensible al contexto institucional y a la presencia de mecanismos de gobernanza colaborativa (Suarez *et al.*, 2020; Casalet, 2020). De manera destacada, el componente sobre participación de la industria en el **PIB** muestra significancia en el modelo R 1, con un signo negativo, lo cual refuerza la idea de tensiones estructurales entre estructura productiva tradicional y capacidades tecnológicas emergentes.

Respecto a los modelos R 2, que exploran la relación entre **CHE** y digitalización, se aprecia que investigadores por millón tiene un efecto positivo y significativo en los modelos R 2 y 2.5, mientras que en los rezagos intermedios el efecto se diluye. Lo que podría interpretarse como evidencia de que la formación de **CHE** contribuye a la digitalización, aunque contribución depende de la sincronización institucional y de políticas de corto plazo, tal como sugiere el modelo **CEP** en sus principios sobre coherencia macroeconómica e industrial.

Destaca además que gasto por alumno sólo resulta marginalmente significativo en el modelo R 2.5, lo que indicaría que el gasto público en educación terciaria tiene un efecto limitado si no se acompaña de esquemas de gobernanza más sólidos.

Tabla 1. Resultados de los modelos 1, 2 y 3

Variable	Modelo 1			Modelo 1.1			Modelo 1.3			Modelo 1.5		
	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor
Gasto en I+D	748.4	245.84	0.004 **	682.2	294.61	0.027 *	-142.31	369.5	0.7	-1039.51	490.77	0.056
Gasto por alumno	5.03	3.45	0.15	11.45	4.09	0.008 **	0.39	4.52	0.93	-4.998	5.51	0.38
Exportaciones de alta tecnología	4.07	2.12	0.062	2.22	2.22	0.33	3.93	7.57	0.61	-11.88	9.76	0.247
Inflación	4.72	5.34	0.38	4.09	5.21	0.44	1.197	7.15	0.87	-10.4	4.86	0.054
Valor agregado de la industria	9.42	3.99	0.023 *	4.9	4.19	0.25	9.06	6.32	0.17	-14.91	9.077	0.126
Variable	Modelo 2			Modelo 2.1			Modelo 2.3			Modelo 2.5		
	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor
Investigaciones por millón de hab.	0.015	0.007	0.034*	0.009	0.007	0.167	0.003	0.007	0.683	-0.011	0.006	0.109
Gasto por alumno	-0.051	0.099	0.605	0.033	0.096	0.730	0.101	0.094	0.292	0.104	0.098	0.295
Exportación de bienes y servicios	0.008	0.204	0.969	-0.251	0.197	0.209	-0.177	0.199	0.378	-0.603	0.233	0.014*
Inflación	-0.037	0.236	0.877	0.124	0.229	0.590	-0.129	0.226	0.571	0.070	0.289	0.811
Industria, valor agregado (% del PIB)	0.241	0.526	0.649	0.478	0.510	0.354	0.249	0.516	0.632	0.477	0.536	0.380

Variable	Modelo 3			Modelo 3.1			Modelo 3.3			Modelo 3.5		
	Coef.	Erros estándar	P valor	Coef.	Erros estándar	P valor	Coef.	Erros estándar	P valor	Coef.	Erros estándar	P valor
Investigadores por millón de hab.	-0.0011	0.0003	0.0019**	-0.0013	0.0003	0.0007***	-0.001	0.0004	0.001**	-0.002	0.0004	0.0001***
Gasto por alumno	-0.0120	0.0034	0.0008***	-0.0136	0.0035	0.0003***	-0.014	0.0040	0.001**	-0.015	0.0037	0.0002***
Usuarios de internet	0.0078	0.0010	6.54E-11***	0.0081	0.0010	9.20E11***	0.007	0.0012	1.19E-7***	0.007	0.0012	4.90E-07***
Exportación de bienes y servicios	-0.0057	0.0084	0.09	-0.0048	0.0035	0.18	-0.004	0.0041	0.36	-0.003	0.0045	0.464
Inflación	0.0100	0.0040	0.015*	0.0089	0.0041	0.03*	0.011	0.0047	0.023*	0.009	0.0049	0.075.
Industria, valor agregado (% del PIB)	0.0199	0.0070	0.006***	0.0212	0.0072	0.005**	0.019	0.0084	0.03*	0.012	0.0085	0.161
Interacción	4.19E-05	1.06E-05	0.0021***	4.73E-05	1.10E-05	6.50E5***	4.72E-05	1.25E-05	0.0004***	4.77E-05	1.17E-05	0.0002***

Notas: signif. Codes: 0 '***', 0.001 '**', 0.01 *, 0.05 ; 0.1 ' ; 1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Resultados robustos de los modelos 1, 2 y 3

Variable	Modelo R 1				Modelo R 1.1				Modelo R 1.3				Modelo R 1.5			
	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	
Gasto en I+D	748.4	277.5	0.01*	682.2	233.84	0.006**	-142.31	501.41	0.78	-1039.51	728.05	0.18				
Gasto por alumno	5.03	3.26	0.13	11.45	3.04	0.0006***	0.39	4.37	0.93	-4.998	5.53	0.384				
Exportaciones de Alta Tecnología	4.07	2.27	0.08	-2.22	1.83	0.23	3.93	12.31	0.75	-11.88	11.82	0.335				
Inflación	4.72	3.12	0.139	4.09	3.11	0.197	1.197	3.71	0.75	-10.4	2.25	0.0006***				
Valor agregado de la industria	-9.42	1.27	6.192e-09 ***	-4.9	2.2	0.03*	-9.06	8.08	0.27	-14.91	8.47	0.104				
Variable	Modelo R 2				Modelo R 2.1				Modelo R 2.3				Modelo R 2.5			
	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	Coef.	Errores estándar	P valor	
Investigadores por millón de hab.	0.015	0.005	0.0069**	0.009	0.007	0.194	0.003	0.009	0.756	-0.011	0.004	0.013*				
Gasto por alumno	-0.051	0.112	0.649	0.033	0.090	0.715	0.101	0.108	0.357	0.104	0.051	0.05016				
Exportación de bienes y servicios	0.008	0.291	0.978	-0.251	0.246	0.312	-0.177	0.138	0.207	-0.603	0.242	0.0178*				
Inflación	-0.037	0.327	0.911	0.124	0.261	0.636	-0.129	0.154	0.409	0.070	0.293	0.813				
Industria, valor agregado (% del PIB)	0.241	0.473	0.613	0.478	0.366	0.198	0.249	0.425	0.562	0.477	0.340	0.170				

Variable	Modelo R 3			Modelo R 3.1			Modelo R 3.3			Modelo R 3.5		
	Coef.	Erros estándar	P valor	Coef.	Erros estándar	P valor	Coef.	Erros estándar	P valor	Coef.	Erros estándar	P valor
Investigadores por millón de hab.	-0.001	0.0007	0.119	-0.0013	0.0007	0.081	-0.0014	0.0008	0.085	-0.002	0.0006	0.009 **
Gasto por alumno	-0.012	0.0074	0.109	-0.0136	0.0078	0.084	-0.0140	0.0085	0.107	-0.015	0.0066	0.029 *
Usuarios de internet	0.008	0.0019	0.00098 ***	0.0081	0.0020	0.0001 ***	0.0074	0.0021	0.001 **	0.007	0.0016	0.0003 ***
Exportación de bienes y servicios	-0.006	0.0056	0.314	-0.0048	0.0050	0.34	-0.0038	0.0059	0.518	-0.003	0.0053	0.536
Inflación	0.010	0.0079	0.215	0.0089	0.0077	0.248	0.0110	0.0087	0.211	0.009	0.0072	0.218
Industria, valor agregado (% del PIB)	0.020	0.0092	0.034 *	0.0212	0.0077	0.0076 **	0.0188	0.0092	0.047 *	0.012	0.0053	0.028 *
Interacción	4.19E-05	2.09E-05	0.0495 *	4.73E-05	2.18E-05	0.034 *	4.72E-05	2.38E-05	0.052 .	4.77E-05	1.82E-05	0.012 *

Notas: signif. Codes: 0 '***', 0.001 '**', 0.01 *, 0.05 ;, 0.1 ' ;, 1

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, los modelos R 3 refuerzan el argumento central del estudio: tanto el **CHE** (investigadores por millón), la inversión pública en educación terciaria por alumno, como la digitalización (usuarios de internet) explican de manera consistente el crecimiento económico en América Latina. De forma destacada, la interacción entre investigadores por millón y el gasto por alumno presenta un efecto positivo y significativo en todos los modelos robustos estimados. Este hallazgo empírico valida el supuesto del isomorfismo político planteado en el marco teórico, en el sentido de que no basta con invertir por separado en educación superior o en la formación de **CHE**. Es indispensable articular institucionalmente ambos sistemas mediante arreglos de gobernanza colaborativa que potencien sus sinergias. La interacción positiva sugiere que, en contextos donde esta articulación es sólida, el efecto combinado multiplica sus beneficios, favoreciendo trayectorias de crecimiento económico sostenido, en línea con lo advertido por Grundke *et al.* (2018) y Locatelli (2018).

En términos generales, los resultados robustos confirman que la formación de **CHE** es impulsada principalmente por el gasto en I+D, aunque dicho efecto es temporal y condicionado por la existencia de arreglos institucionales estables. Además, aporta evidencia para sostener que la digitalización mantiene un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento económico, pero su contribución es más consistente cuando se acompaña de una densidad adecuada de **CHE** y de políticas educativas robustas. En consecuencia, el crecimiento económico se ve positivamente afectado por ambas dimensiones –**CHE** y digitalización–, pero es la interacción entre inversión en educación y **CHE** la que muestra el efecto más significativo y sostenido en los modelos robustos.

Estos hallazgos refuerzan el diagnóstico de Stezano (2021) y CEPAL (2016), al destacar que América Latina enfrenta retos estructurales en la articulación efectiva entre sistemas educativos, sistemas de innovación y políticas de desarrollo productivo. El estudio aporta evidencia que sustenta la necesidad de avanzar hacia políticas de CEP basadas en un enfoque integral y de largo plazo, donde el fortalecimiento institucional se configure como un eje transversal para la acumulación de capacidades tecnológicas, la formación de **CHE** y el aprovechamiento pleno de la digitalización.

En síntesis, los resultados cuantitativos robustos respaldan la necesidad de implementar políticas integrales de CEP que no sólo se concentren en aumentar la inversión en educación y CTI, sino que también fortalezcan las capacidades institucionales de articulación entre sistemas, tal como plantea el CEP. La evidencia sugiere que la formación de **CHE**, la digitalización y el crecimiento económico operan como dimensiones interdependientes que

requieren de un enfoque estructural y de largo plazo para consolidarse de manera sostenible en la región.

6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos refuerzan la relevancia del modelo de CEP como marco interpretativo para comprender las dinámicas entre formación de CHE, digitalización y crecimiento económico en América Latina. La evidencia empírica muestra que si bien la inversión en I+D y en educación terciaria impulsa la formación de CHE, y que tanto el CHE como la digitalización contribuyen positivamente al crecimiento económico, estos efectos no se producen de manera automática ni lineal, sino que están mediados por estructuras institucionales específicas.

En particular, el concepto de isomorfismo político emerge como un orientador clave para el diseño de políticas públicas. Los hallazgos indican que, en ausencia de mecanismos de gobernanza colaborativa entre sistemas de educación superior y sistemas nacionales de innovación, la articulación entre CHE y las inversiones educativas puede resultar limitada o ineficiente. La interacción positiva observada entre la densidad de investigadores y el gasto público en educación terciaria en su efecto sobre el crecimiento económico refleja precisamente la importancia de dicha coordinación estructural, validando teóricamente la noción de isomorfismo político como guía para el diseño de políticas. Lo que sugiere que el fortalecimiento institucional no sólo potencia los efectos individuales de la inversión educativa o de la formación de investigadores, sino que amplifica su impacto conjunto sobre el desarrollo económico regional.

Desde la perspectiva aquí planteada, se concluye que el principal desafío para América Latina no radica exclusivamente en incrementar el gasto en educación o en CTI, sino en consolidar políticas de Estado duraderas y coherentes en el tiempo que integren de manera estructural ambos ámbitos. Se trata pues de trascender los enfoques fragmentados y de corto plazo, avanzando hacia estrategias de CEP que consideren de forma simultánea: 1) acumulación de capacidades tecnológicas; 2) formación de CHE; 3) fortalecimiento de la gobernanza institucional; y 4) la integración funcional entre sistemas educativos y de innovación.

Además, se identifican retos metodológicos que abren líneas de investigación futuras. Entre ellos los siguientes:

- 1) La necesidad de desarrollar modelos que capturen mejor los efectos diferidos y no lineales observados, incorporando técnicas de datos panel dinámicos o modelos estructurales de ecuaciones.
- 2) La importancia de superar los posibles sesgos derivados de la heterogeneidad no observada que, si bien se controló mediante efectos fijos, podría explorarse de manera más profunda mediante métodos mixtos que integren análisis cualitativos e institucionales comparados.
- 3) La inclusión de indicadores adicionales que consideren la calidad del capital humano, más allá de su cantidad, y el grado de sofisticación del sistema de innovación en cada país.

En suma, los hallazgos de este estudio permiten afirmar que la región requiere políticas públicas integrales y estables en el tiempo, capaces de construir un ecosistema institucional donde educación, innovación y digitalización no operen como esferas aisladas, sino como componentes interdependientes de un proceso de CEP orientado al desarrollo sostenible. Esta visión exige fortalecer la gobernanza colaborativa y el isomorfismo político como pilares centrales de toda estrategia de política científica, tecnológica y educativa para América Latina.

ANEXOS

Liga para consultar la base de datos y el script en R:

<https://drive.google.com/drive/folders/1yZMfWmC7sJE6mzo2epTtK4Q83eHay999?usp=sharing>

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz, M. (2001). Política científica y tecnológica: una visión desde América Latina. *CTS+I: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 1,7. <https://ecomdp.edu.ar/cendocu/repositorio/00182.pdf>
- Arias Ortiz, E., Kaltenberg, M., Bornacelly, I. y Hartmann, D. (2020). Local labor markets and higher education mismatch local labor markets and higher education mismatch (Issue April). Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0002295>

- Banco Mundial (2025). Indicadores-Banco Mundial [página web]. En Datos. datos.bancomundial.org/indicador
- Barrientes Seborga, C. I. (2020). Educación. Bien público impuro que promueve el crecimiento económico inclusivo. *Revista Digital Investigación y Negocios*, 13(21). <https://doi.org/10.38147/inv&neg.v13i21.88>
- Buendía García, R., Rivas Díaz, J. P. y Alonso León, I. (2017). Evaluación del potencial del desarrollo en ciencia y tecnología en México 2000-2015. *Economía Informa*, 402. <https://doi.org/10.1016/j.ecin.2017.01.002>
- Carmona, R., Amato Neto, J. y Ascúa, R. (2020). Industria 4.0 en empresas manufactureras del Brasil. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46389>
- Casalet, M. (2018). La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44266-la-digitalizacion-industrial-un-camino-la-gobernanza-colaborativa-estudios-casos>
- _____ (2020). El desafío de las ciencias sociales en la explicación y gobernanza del ecosistema digital. *Debate Renovado e Innovador de las Ciencias Sociales* (p. 157). FLACSO-México.
- Casalet, M. y Stezano, F. (2020a). Risks and opportunities for the progress of digitalization in Mexico. *Economics of Innovation and New Technology*. <http://dx.doi.org/10.1080/10438599.2020.1719643>
- _____ y Stezano, F. (2020b). Informe de políticas: desafíos por el avance de la digitalización en la producción y sociedad. Una transformación con múltiples acciones. Seminario Internacional Digitalización, Cadenas Globales de Valor e Impactos en los sectores Productivos. Ciudad de México.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2012). *Cambio estructural para la igualdad. Una visión integrada del desarrollo*. CEPAL.
- gobernanza (2016). La matriz de la desigualdad social en América Latina. CEPAL.
- _____ (2018). Datos, algoritmos y políticas: la redefinición del mundo digital. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43477-datos-algoritmos-politicas-laredefinicion-mundo-digital>
- _____ (2020). Dimensionar los efectos del Covid-19 para pensar en la reactivación. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45445-dimensionar-efectos-covid-19-pensarla-reactivacion>
- Edquist, C. (2019). Towards a holistic innovation policy: Can the Swedish National Innovation Council (NIC) be a role model? *Research Policy*, 48(4). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.008>

- Espinoza, O. (2017). Privatización de la educación superior en Chile: consecuencias y lecciones aprendidas. *EccoS – Revista Científica*, 44. <https://doi.org/10.5585/eccos.n44.8070>
- Estudios y Documentos de Política Científica en ALC (2010). Sistemas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe. UNESCO.
- Figueroa-García, B. E. (2014). La formación investigativa en postgrado: una herramienta transformadora. *Santiago. Revista de la Universidad de Oriente*, 135. <https://santiago.uo.edu.cu/index.php/stgo/article/view/66>
- Fuentes, M. V. (2013). Ciencia globalizada y educación: tendencias y marcos interpretativos para su desarrollo. *RICSH. Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 2(4). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=503950746002>
- Garza, E. G. y Espinosa, E. M. (2015). Los sistemas regionales de innovación base para un Sistema Nacional Sustentable de Innovación en México. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1112>
- Gonzalez, H. y Jiménez, A. (2014). Inserción laboral de nuevos investigadores con grado de doctor en Chile. *Journal of Technology Management and Innovation*, 9(4). <http://www.jotmi.org>
- Gregorutti, G. (2014). Buscando modelos alternativos para la gestión universitaria latinoamericana. *Bordón. Revista de Pedagogía*. <http://digitalcommons.andrews.edu/leadership-dept-pubs/16>
- Grilli, L. y Murtinu, S. (2018). Selective subsidies, entrepreneurial founders' human capital, and access to R&D alliances. *Research Policy*, 47(10). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.07.001>
- Grundke, R., Marcolin, L., Nguyen, T. L. B. y Squicciarini, M. (2018). Which skills for the digital era?: Returns to skills analysis. OECD Science, Technology and Industry Working Papers (N. 2018/09; OECD Science, Technology and Industry Working Papers). <https://ideas.repec.org/p/oec/stiaaa/2018-09-en.html>
- Katz, R. L. (2018). Capital humano para la transformación digital en América Latina (No 219. Serie Desarrollo Productivo, p. 40). CEPAL. <https://repositorio.cepal.org//handle/11362/43529>
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Lenihan, H., McGuirk, H. y Murphy, K. R. (2019). Driving innovation: Public policy and human capital. *Research Policy*, 48(9). <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.04.015>

- Locatelli, R. (2018). La educación como bien público y común: reformular la gobernanza de la educación en un contexto cambiante. *Perfiles Educativos*, 40(162). <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2018.162.59195>
- Lucía, A., Chávez, E., Beatriz, C., López, A. y Zatarain, R. (2012). *Mujeres, educación y crecimiento económico. México 2000-2010*. En A. L. Escobar Chávez, C. B. Audelo López y R. Rentería Zatarain. *Investigaciones de economía de la educación*, 7 (pp. 437-446). Asociación de Economía de la Educación.
- Mayta-Tristán, P. (2010). Sociedades científicas de estudiantes de medicina: el futuro de la investigación en América Latina. *MEDUNAB*, 13(1). <https://revistas.unab.edu.co/index.php/medunab/article/view/438>
- Nickell, S. (1981). Biases in dynamic models with fixed effects. *Econometrica*, 49(6). <https://doi.org/10.2307/1911408>
- OCDE (2020). Perspectivas económicas de América Latina 2020: transformación digital para una mejor reconstrucción. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/f2fdced2-es>.
- Ríos Bolívar, H. y Marroquín Arreola, J. (2013). Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico Evidencia regional para México. *Contaduría y Administración*, 58(3). [https://doi.org/10.1016/s0186-1042\(13\)71220-8](https://doi.org/10.1016/s0186-1042(13)71220-8)
- Rivas Tovar, L. A. (2004). La formación de investigadores en México. *Perfiles Latinoamericanos*, 25. <https://perfilesla.flacso.edu.mx/index.php/perfiles-la/article/view/250/204>
- Romo-González, A. E., Villalobos-Alonso, M. A. y Guadalupe-Arias, L. E. (2012). Gestión del conocimiento: estrategia para la formación de investigadores. *Revista Electrónica Sinéctica*. 38. http://www.sinectica.iteso.mx/index.php?cur=38&art=38_04
- Sabato, J. y Botana, N. (1968). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33378745/ciencia_tecnologia_america_latina.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1554919469&Signature=ea10RvGS2STmoOzzFx76M5rLxac%3D&response-content-disposition=inline%3B filename%3DLA_CIENCIA_Y_L
- Sánchez Luján, B. I. y Hinojosa Luján, R. (2020). Realidades y retos en la formación de investigadores. Red de Investigadores Educativos Chihuahua AC. <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0Ahttps://hdl.handle.net/20.500.12380/245180%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12>

- Senclier de Cortez, M. (2017). Inversión en capital humano para la investigación e innovación. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 4(2). https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/53
- Stezano, F. (2021). *Desarrollo productivo y rol del Estado en Centroamérica (1991-2018)*. CEPAL. Inédito.
- Suarez, D., Fiorentin, F. y Erbes, A. (2020). Dime cómo creces y te diré cómo inviertes. El impacto de la I+D, los recursos humanos y los sistemas de innovación en el crecimiento económico. *Revista Brasileira de Inovação*, 19. <https://doi.org/10.20396/rbi.v19i0.8656668>
- Vessuri, H. (1997). La academia “va al mercado”. *Pensamiento universitario*. Fondo Editorial FINTEC.
- Wang, Y. (2017). Debt market friction, firm-specific knowledge capital accumulation and macroeconomic implications. *Review of Economic Dynamics*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.red.2017.02.010>
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data* (2nd ed.). The MIT Press.
- Yoguel, G. (28 de octubre de 2020). Co-producción de capacidades y producción en la I4.0: un caso de estudio de la IA en la medicina en Argentina. En R. Oliver (moderador). Nuevos desafíos para las cadenas globales de valor ante las tendencias de la digitalización productiva en el contexto de crisis actual. Seminario Internacional Digitalización, Cadenas Globales de Valor e Impactos en los Sectores Productivos. FLACSO México y CONACYT, Ciudad de México, México. <https://sites.google.com/flacso.edu.mx/digitalizacion-cadena-globales/sesiones>