

Dinámica de citas en patentes de IA y educación: Hacia un nuevo tipo de conocimiento universitario

*Keren Rebeca Cruz Ramírez**

Resumen

La inteligencia artificial está revolucionando los fundamentos de la generación y validación del conocimiento en la educación superior. Este trabajo utiliza 1199 familias de patentes y 4493 citas académicas entre 2012 y 2024 para investigar la estructura de la innovación desde la perspectiva de la destrucción creativa y conceptualizando la IA como una invención de un método de invención. Los hallazgos muestran que la relación entre la educación y la IA está experimentando una fase de rápido crecimiento, marcada por importantes disparidades regionales: la escasa participación de América Latina contrasta con la hegemonía estadounidense. Se muestra una reconfiguración estructural en la topología del conocimiento mediante el análisis de redes: los sistemas eléctricos de enseñanza y el aprendizaje automático han relegado los enfoques pedagógicos tradicionales a la periferia y se han convertido en los puentes necesarios para la innovación.

Palabras clave

Inteligencia artificial  Educación superior  Innovación  Propiedad intelectual

Abstract

Artificial Intelligence is fundamentally revolutionizing the foundations of knowledge generation and validation in higher education. This paper utilizes 1,199 patent families and 4,493 academic citations between 2012 and 2024 to investigate the structure of innovation through the lens of creative destruction, conceptualizing AI as an invention of a method of invention. Findings reveal that the relationship between education and AI is undergoing a phase of rapid growth, marked by significant regional disparities: the scarce participation of Latin America starkly contrasts with U.S. hegemony. Network analysis demonstrates a structural reconfiguration in the topology of knowledge: electric teaching systems and machine learning have relegated traditional pedagogical approaches to the periphery and become the necessary bridges for innovation.

Key words

Artificial intelligence  Higher education  Innovation  Intellectual property

* Doctoranda en el posgrado de Ciencias Económicas Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, (UAM-X) México (erenrebecacruz9792@gmail.com).

I. Introducción

EN LAS últimas décadas, los acelerados cambios tecnológicos han transformado profundamente la cultura y las expectativas sociales, que hoy valoran con mayor fuerza la eficiencia, la diferenciación y la capacidad de las organizaciones para anticipar el futuro. En este contexto, la dinámica de la destrucción creativa está obligando a las universidades a cuestionar los esquemas establecidos y a adentrarse en una nueva era de innovación y competencia. La irrupción de la IA, en particular, se ha convertido en un factor disruptivo que desafía a las instituciones de educación superior a reinventar sus modelos de enseñanza, investigación y vinculación con la sociedad (Leja y Nagucka, 2013). Aquellas universidades que logren adaptarse estarán en condiciones de mantener su relevancia académica y su legitimidad social; por el contrario, aquellas que permanezcan inertes corren el riesgo de volverse obsoletas en un futuro cercano, tanto por la pérdida de demanda estudiantil como por su falta de conexión con el sector productivo e industrial.

Especialmente en América Latina y el Caribe, la necesidad de transformación educativa es aún más apremiante debido a las persistentes brechas de acceso y calidad en la educación superior. Según Ferreyra *et al.* (2017), en 2012 los estudiantes pertenecientes a los quintiles más bajos representaban apenas el 24 % de la matrícula total, una mejora frente al 16 % registrado en el año 2000, pero todavía evidencia profundas desigualdades estructurales. En este escenario, la inteligencia artificial ofrece un potencial transformador al posibilitar la personalización del aprendizaje y la optimización de los procesos educativos. Su integración en los sistemas de enseñanza no solo promete mejorar la eficiencia administrativa y académica, sino también contribuir a cerrar las brechas de aprendizaje y ampliar la inclusión educativa (Molina y Medina, 2025). La IA, en consecuencia, se presenta como una herramienta estratégica para reducir desigualdades históricas y fortalecer la calidad de la educación en la región.

En la actualidad, la integración de la IA en la educación superior puede agruparse en tres grandes categorías: (1) herramientas centradas en el estudiante, orientadas a personalizar y optimizar las experiencias de aprendizaje; (2) herramientas y prácticas centradas en el profesorado, que buscan apoyar la enseñanza, la preparación de materiales y la evaluación; y (3) herramientas y prácticas institucionales, dirigidas al personal administrativo para mejorar la gestión académica y los procesos organizativos.

Las herramientas de IA-educativas centradas en el estudiante representan un eje clave de innovación en la educación superior, al personalizar el aprendizaje y

mejorar los resultados académicos. Entre ellas destacan los sistemas de tutoría y las plataformas de aprendizaje adaptativo, que ajustan el contenido, el ritmo y la retroalimentación a las necesidades de cada alumno (como *Moodle* o *Connect LearnSmart*). Incluso antes de la irrupción de la IA generativa, estos avances ya mostraban mejoras en el desempeño y un aumento en la participación estudiantil (Du Plooy *et al.*, 2024; Hakiki *et al.*, 2023; Molina & Medina, 2025).

Sin embargo, no todos los estudios coinciden en destacar únicamente efectos positivos de la IA en la educación. Chen *et al.* (2025) muestran que los estudiantes que utilizan tutores de IA tienden a omitir pasos esenciales del proceso de aprendizaje, a solicitar respuestas directas en lugar de orientación y a aceptar de manera acrítica la ayuda ofrecida por el sistema. En contraste, quienes trabajaron con expertos humanos siguieron trayectorias más estructuradas, pidieron sugerencias en vez de soluciones y evaluaron cuidadosamente la retroalimentación antes de aplicarla. En la misma línea, Gerlich (2025) encontró correlaciones negativas significativas entre el uso intensivo de herramientas de IA y el desarrollo de capacidades de pensamiento crítico, así como una correlación positiva con la descarga cognitiva. Estos hallazgos sugieren que una dependencia excesiva de la IA puede debilitar la autonomía intelectual de los estudiantes y limitar su capacidad para resolver problemas de manera independiente, lo que plantea serias dudas sobre las promesas de eficiencia y mejora en el aprendizaje.

Dentro de las herramientas centradas en el profesorado en la educación superior puede beneficiarse enormemente de la integración de IA para optimizar las prácticas docentes, mejorar la eficiencia docente y fomentar el diseño innovador de tareas. Según Mollick y Mollick (2023), la IA facilita la enseñanza al generar ejemplos para explicar conceptos complejos, brindar explicaciones adaptadas a las ideas erróneas de los estudiantes y ofrecer oportunidades frecuentes de evaluación de bajo riesgo, prácticas difíciles de escalar sin apoyo tecnológico. Herramientas como *Research Rabbit* y *Elicit* ilustran este impacto al aplicar IA para mapear conexiones en la literatura y sintetizar hallazgos, agilizando los procesos de investigación y revisión académica.

En esta categoría de herramientas centradas en el profesorado, Hicks *et al.* (2021) muestran que *Cadmus*, una plataforma de evaluación desarrollada por la Universidad de Melbourne mejora los resultados de aprendizaje al ofrecer evaluaciones en la nube que garantizan la privacidad. El 92% de los estudiantes usó sus funciones de retroalimentación y el 52% accedió a recursos integrados durante las evaluaciones. Además, quienes revisaron la retroalimentación previa obtuvieron un rendimiento significativamente mayor en tareas posteriores, lo que subraya la importancia de la reflexión para el éxito académico.

Este estudio utiliza un enfoque cienciométrico basado en la teoría de redes para evaluar empíricamente esta alteración estructural, yendo más allá del análisis descriptivo de materiales educativos. Las citas académicas y la actividad de patentamiento se examinan como indicadores observables de la recombinación del conocimiento, más que como fines en sí mismos. El estudio busca mostrar cómo la lógica algorítmica está reemplazando el conocimiento pedagógico tradicional mediante el análisis de qué tecnologías de IA sirven como “puentes” o nodos centrales (medidos mediante la centralidad de intermediación) entre la informática y el ámbito educativo. Esto validará la hipótesis de un proceso continuo de destrucción creativa.

Para comprender cómo la IA actúa como una tecnología emergente y un método general de invención emergente (IMI), el presente estudio adopta una perspectiva de innovación disruptiva. La IA «redefine la naturaleza del proceso de descubrimiento» al permear los campos científicos y tecnológicos (Bianchini *et al.*, 2022).

Para identificar los campos tecnológicos donde surgen ideas disruptivas (Feng y Law, 2021), el estudio utiliza el análisis de patentes, considerado un indicador tecnológico clave para cuantificar los avances y rastrear el conocimiento de frontera al que hacen referencia (Mostafa *et al.*, 2023). Este enfoque es fundamental para el análisis de la destrucción creativa, ya que permite examinar la novedad recombinante que da lugar a nuevas tecnologías (Bianchini *et al.*, 2023).

Más aún, se emplea el análisis de redes de patentes para medir la centralidad de intermediación (C_B) (Klotarz *et al.*, 2023), lo que permite identificar empíricamente los nodos influyentes que actúan como “puentes” críticos para la recombinación de conocimiento entre distintos dominios tecnológicos (Mostafa *et al.*, 2023). Por medio de este enfoque, se busca responder a las cuestiones sobre la reconfiguración sectorial de la educación superior derivado de la aplicación de la IA. El presente estudio se organiza en cinco secciones: la sección II expone el marco teórico; la sección III describe la metodología, sección IV fuentes de datos; la sección V presenta el análisis de los resultados; y la sección VI ofrece las conclusiones.

II. Marco teórico

A. Destrucción creativa

En el corazón del capitalismo contemporáneo se encuentra la dinámica de la destrucción creativa, concepto desarrollado por Schumpeter (1943) y entendido como el proceso mediante el cual las innovaciones emergentes desplazan tecnologías, prácticas y estructuras previamente consolidadas. Este mecanismo no solo genera nuevos

productos, empresas y formas de empleo, sino que al mismo tiempo vuelve obsoletos otros arreglos productivos y cognitivos (Aghion *et al.*, 2021; Kogelmann, 2025).

El concepto de destrucción creativa ocupa una posición central en la visión schumpeteriana: caracteriza a las economías modernas como estructuras dinámicas que experimentan rupturas constantes del equilibrio debido a la introducción de innovaciones (Chandra, 2024). Esta dinámica se manifiesta en dos fases complementarias: la creación de nuevas combinaciones productivas y la destrucción de estructuras anteriores. Es precisamente esta interacción la que da lugar a la transformación estructural de la economía. Así, la innovación no solo estimula el progreso, sino que también genera pérdidas y desplazamientos entre actores dominantes.

Johnson (2014) analiza el proceso de destrucción creativa en las instituciones de educación superior desde la perspectiva del dinamismo de los agentes económicos que entran y salen del sector educativo. El surgimiento de nuevos participantes que ofrecen títulos, credenciales, certificados y programas de desarrollo profesional constituye un buen proxy para comprender la dinámica descrita por Schumpeter (1943). Sin embargo, el presente estudio se enfoca en una dimensión distinta: la destrucción creativa en la manera en que se produce y transmite el conocimiento dentro de las universidades. En este marco, la IA se concibe como una tecnología disruptiva que no solo transforma la lógica comercial de la educación, sino que reconfigura profundamente las formas de enseñar y aprender en el ámbito universitario.

En la actualidad, algunos autores como Qian *et al.*, (2025) y Hetmańczyk (2024) sostienen que hemos entrado en una “era de inteligencia digital”, caracterizada por la convergencia entre tecnologías digitales e inteligentes, lo que plantea a la educación superior la necesidad de transformaciones profundas. El avance de la computación en la nube, el *big data*, el internet de las cosas (IoT) y la IA impulsa el tránsito desde una educación meramente “digital” hacia una educación “inteligente”. Este proceso no se limita a la automatización de tareas, sino que exige la optimización de la interacción humano-máquina y de los modelos pedagógicos, con el objetivo de mejorar tanto la calidad como la eficiencia de la formación académica (Chaka, 2023; Pan *et al.*, 2024).

Para comprender la función real de la universidad en este cambio de paradigma, es esencial caracterizarla mediante la teoría del *agente emprendedor* de Schumpeter. Según Schumpeter (1943), un emprendedor es una fuerza disruptiva que genera nuevas combinaciones y altera el equilibrio de la economía, en lugar de simplemente gestionar recursos.

Como se discutirá en el siguiente apartado, cuando esta idea se aplica al ámbito académico, la universidad se convierte en un motor endógeno de destrucción

creativa, en lugar de un beneficiario pasivo del desarrollo tecnológico. Al crear y patentar avances en IA, la universidad asume el riesgo y la responsabilidad de revolucionar prácticas científicas y pedagógicas arraigadas, incluidas las suyas, sirviendo como catalizador para la legitimación y la transferencia de nuevas lógicas de producción de conocimiento al mercado y la sociedad.

B. La universidad como actor del cambio

Para comprender la magnitud de la destrucción creativa en la educación superior, es insuficiente analizar a la universidad únicamente como un escenario donde impacta la tecnología. Por el contrario, siguiendo el modelo de la “universidad emprendedora”, la institución debe conceptualizarse como un agente endógeno de cambio que produce, legitima y transfiere las tecnologías (en este caso, la IA) que posteriormente reconfiguran (o destruyen) las estructuras educativas y productivas tradicionales.

La literatura distingue entre una universidad “ordinaria”, enfocada en funciones administrativas y gobernanza tradicional de la enseñanza, y una universidad “emprendedora”, caracterizada por capacidades dinámicas (Staniulyte, 2021).

Según Staniulyte (2021), una universidad emprendedora no se limita a las dos misiones clásicas (enseñanza e investigación), sino que integra una “tercera misión”: la transferencia de conocimiento, la comercialización de la innovación y el compromiso social. Bajo esta óptica, la universidad deja de ser una “torre de marfil” aislada para convertirse en un actor estratégico que rompe el equilibrio económico (en términos schumpeterianos). Al patentar invenciones de IA, la universidad no solo está protegiendo propiedad intelectual; está actuando como un emprendedor institucional que desafía las normas y prácticas establecidas, forzando una mutación industrial desde adentro (Staniulyte, 2021).

Para operacionalizar este rol de actor, la universidad utiliza estructuras específicas. Mars y Rhoades (2012) describen este fenómeno dentro del marco del capitalismo académico, donde las universidades desarrollan organizaciones intersticiales (como las oficinas de transferencia de tecnología - OTT) que facilitan el flujo de innovaciones hacia el mercado. En el contexto de este estudio, el análisis de citas en patentes no es meramente una métrica de productividad, sino la evidencia de la agencia emprendedora de la universidad. Cuando una patente de IA cita una investigación universitaria, se está materializando el flujo de conocimiento desde la academia hacia la estructura productiva, validando a la universidad como un nodo crítico en la red de innovación que impulsa el cambio estructural regional y global (Wakkee *et al.*, 2019).

Finalmente, siguiendo a Wakkee *et al.* (2019), la universidad emprendedora actúa como un agente de cambio institucional. No solo introduce nuevas tecnologías, sino que deslegitima las prácticas anteriores al presentar las nuevas soluciones superiores o necesarias. Al concentrar la producción de patentes de IA en instituciones de élite (como se observa en los resultados de este análisis), estas universidades dictan la dirección del cambio tecnológico. Ellas definen qué saberes son valiosos (aquellos codificables y patentables en IA) y cuáles se vuelven periféricos, ejerciendo un poder estructural sobre cómo se configura la “era de la IA” (Hetmańczyk, 2024; Qian *et al.*, 2025).

Además, definir la IA como una invención de un método de invención (IMI) es esencial para comprender el alcance de los procesos contemporáneos de destrucción creativa. La influencia de la IA va más allá de la mejora gradual de bienes particulares, ya que posee las características de una tecnología de propósito general: omnipresencia, mejora continua y complementariedades innovadoras (Trajtenberg, 2019).

A continuación, se analizará cómo la IA reconfigura la propia “tecnología de invención” al actuar como una IMI, modificando la guía o el manual de estrategias para la realización de descubrimientos. Esto sugiere que los procesos de destrucción creativa tienen lugar no solo en los mercados finales, sino también en etapas anteriores, en la fase de I+D (investigación y desarrollo); la IA destruye los métodos convencionales de análisis y predicción, acelerando exponencialmente el ritmo de innovación y produciendo una novedad recombinante masiva que, simultáneamente, redefine los límites de lo posible en múltiples sectores.

C. La IA como invento de un método de invención (IMI)

Para comprender plenamente el impacto de la IA en la educación superior y la producción científica, no basta con categorizarla simplemente como una herramienta de automatización. Debe conceptualizarse como un cambio estructural en la producción de conocimiento dentro del concepto de innovación. Este estudio adopta la perspectiva de que la IA y las redes neuronales constituyen una invención de un método de invención (IMI) (Cockburn *et al.*, 2018).

El trabajo pionero de Griliches (1957) sobre el cambio tecnológico en la agricultura proporciona la distinción teórica básica para este análisis. Griliches utilizó el término *invención de un método de invención* para describir los avances que no se limitan a la creación de un producto final específico, sino que constituyen una nueva forma de generar una gama de nuevos productos (Cockburn *et al.*, 2018).

Griliches (1957) demostró en su estudio del maíz híbrido que el proceso de hibridación, que produjo variantes adaptadas a diversos climas, fue la verdadera

invención, y no una semilla específica. De igual manera, la IA debería considerarse en el contexto actual como una herramienta fundamental que modifica los propios procesos de descubrimiento, y no simplemente como un producto terminado (un chatbot o un software de tutoría), lo que nos permite abordar problemas de investigación y pedagógicos que antes eran insolubles debido a su complejidad o costo computacional (Cockburn *et al.*, 2018).

Anteriormente, la búsqueda y comprobación de hipótesis era una parte laboriosa del proceso de investigación. Al actuar como un instrumento de gestión de la innovación (IMI), la IA permite sustituir esta laboriosa búsqueda por capital predictivo (datos y algoritmos), lo que reduce significativamente los costes marginales de la investigación científica (Bianchini *et al.*, 2022; Cockburn *et al.*, 2018).

La IA nos permite “ver” patrones en conjuntos de datos masivos y no estructurados (texto, comportamiento estudiantil, genomas) que escapan a la cognición humana, de forma similar a como el desarrollo de las lentes ópticas nos permitió ver lo microscópico, abriendo nuevos campos científicos (Cockburn *et al.*, 2018). Al permitir a los investigadores universitarios abordar problemas de enorme categorización y predicción, esto transforma la naturaleza del descubrimiento (Bianchini *et al.*, 2022).

Según Bianchini *et al.* (2022), la ciencia contemporánea se enfrenta a una *carga de conocimiento* en la que la cantidad de información existente dificulta la identificación de conceptos novedosos valiosos. Al servir como herramienta de navegación y recombinación, la IA permite a los investigadores gestionar este auge de datos y promover la singularidad recombinante en diversos campos, además de profundizar en áreas ya existentes (Bianchini *et al.*, 2022).

La definición de IA como IMI en este marco teórico establece que las patentes y citas examinadas en este estudio constituyen una prueba empírica de un cambio en la tecnología de invención, más que simples indicadores de la actividad técnica. El concepto de un cambio estructural en la producción científica universitaria se ve validado por el alto grado de intermediación de las patentes de IA en el ámbito educativo, lo que implica que esta tecnología se está convirtiendo en la vía fundamental para la recombinación del conocimiento.

D. La centralidad de intermediación (C_B) como prueba de recombinación de saberes

Si la IA opera como IMI que transforma la producción de ideas, entonces la manifestación empírica de este fenómeno debe ser observable en la estructura de las redes de conocimiento técnico. La teoría de la innovación contemporánea conceptualiza el descubrimiento científico no como un evento aislado, sino como un proceso

recombinante en el que el conocimiento existente se reconfigura para crear nuevo conocimiento (Bianchini *et al.*, 2022).

Sin embargo, la ciencia moderna enfrenta una carga de conocimiento (*knowledge burden*), donde el volumen exponencial de información hace cada vez más difícil para los investigadores humanos encontrar combinaciones útiles entre dominios dispares. Aquí es donde la IA, actuando como IMI, juega un rol disruptivo. Al automatizar la predicción y el reconocimiento de patrones, la IA permite “navegar” el paisaje de conocimiento de manera más eficiente, facilitando la novedad recombinante al conectar elementos de conocimiento distantes que anteriormente no interactuaban (Bianchini *et al.*, 2022).

En el contexto de la educación superior, esto implica que la innovación ya no ocurre de forma lineal dentro de la pedagogía tradicional, sino a través de la intersección forzada entre las ciencias de la computación (el método) y los saberes educativos (el dominio de aplicación). Por lo tanto, la destrucción creativa se materializa cuando estas nuevas combinaciones (IA + educación) desplazan a las estructuras de conocimiento previas, reconfigurando la topología del saber universitario.

III. Metodología

A. Diseño de la investigación y operacionalización de la destrucción creativa

Para analizar empíricamente la hipótesis de que la IA cambia los patrones de creación y formación científica, este estudio adopta un enfoque cuantitativo basado en la cienciometría y el análisis de redes de patentes. Siguiendo a Griliches (1998) y Cockburn *et al.* (2018), se considera a las patentes no solo como indicadores de propiedad intelectual, sino como trazas medibles de la actividad inventiva y de los flujos de conocimiento que caracterizan a un IMI.

El recurso a las patentes no solo es relevante sino también justificado, ya que estas condensan la traducción del conocimiento científico en aplicaciones con potencial de escalamiento, anticipando qué innovaciones pueden consolidarse y difundirse globalmente. Así, el análisis de patentes complementa la investigación empírica al situar los avances en el marco de la destrucción creativa, donde los cambios observados en la práctica docente están respaldados y potenciados por desarrollos tecnológicos formalmente registrados y protegidos.

Como señala Braun *et al.*, (2011), las patentes son una fuente valiosa de información estandarizada que permite comparar innovaciones entre países y a lo largo del tiempo. Constituyen un indicador relevante del progreso técnico, al reflejar

tanto la novedad como la inventiva de los desarrollos registrados (Schmookler, 1966; Liao *et al.*, 2024). Además, facilitan la identificación de actores y tendencias en campos tecnológicos específicos, aportando datos que permiten distinguir invenciones, reconocer empresas emergentes y analizar series temporales de innovación (Griliches, 1998; Borgstedt *et al.*, 2017). Estas características las convierten en una herramienta clave para estudiar cómo la inteligencia artificial aplicada a la educación participa en los procesos de destrucción creativa.

La estrategia metodológica se diseñó en dos fases secuenciales para capturar las dos dimensiones del proceso schumpeteriano: 1) análisis de citas académicas (fase de agentes y transferencia), y 2) análisis de topología de red y centralidad de intermediación (fase de recombinación estructural).

B. Análisis de citas académicas

Se examinaron las citas de literatura académica para identificar a las “universidades emprendedoras” como actores del cambio y rastrear el desplazamiento disciplinar de los saberes base (de la pedagogía a las ciencias de la computación).

Las citas académicas incluidas en las patentes son particularmente relevantes porque constituyen un indicador directo de cómo el conocimiento científico generado en universidades y centros de investigación alimenta los procesos de innovación tecnológica. A diferencia de otras fuentes bibliográficas, estas referencias evidencian una transferencia explícita del saber académico hacia la creación de aplicaciones con potencial comercial, lo cual permite rastrear la manera en que la investigación contribuye a la transformación de sectores como la educación. Además, el análisis de citas académicas en patentes ayuda a identificar los campos disciplinarios que ejercen mayor influencia en la configuración de nuevas tecnologías, mostrando qué áreas del conocimiento se encuentran en el centro del proceso de destrucción creativa. De este modo, el presente estudio no solo enriquece la comprensión del vínculo entre ciencia e innovación, sino que también aporta un criterio objetivo para evaluar el impacto social de la producción académica.

El uso de patentes como fuente de análisis para estudiar la intersección entre educación e inteligencia artificial presenta limitaciones importantes. No todas las innovaciones educativas se registran en forma de patente, ya que muchas permanecen como desarrollos pedagógicos, software de código abierto o prácticas institucionales no protegidas legalmente.

Asimismo, las citas académicas dentro de las patentes tampoco garantizan un reconocimiento exhaustivo del conocimiento universitario, pues los inventores suelen citar solo una fracción de la literatura realmente utilizada y existe un sesgo

hacia publicaciones de mayor visibilidad internacional. Estas debilidades obligan a interpretar los resultados con cautela y a reconocer que se trata de una mirada parcial del fenómeno. Sin embargo, la disponibilidad estandarizada y global de los datos de patentes ofrece una ventaja única: permite comparar de manera consistente países, instituciones y tendencias a lo largo del tiempo. En este sentido, pese a sus limitaciones, las patentes y sus citas académicas constituyen una herramienta metodológica robusta para aproximarse al papel de la innovación tecnológica en la transformación de la educación superior.

C. La métrica de la recombinación: centralidad de intermediación (C_B)

Para medir empíricamente si la IA está fungiendo como este puente recombinante y reconfigurando la estructura del conocimiento, este estudio utiliza el análisis de redes de citas y co-clasificación de patentes. Específicamente, se selecciona la centralidad de intermediación (C_B) como el indicador clave para validar la hipótesis de transformación estructural.

En la teoría de grafos aplicada a la bibliometría y cienciometría, la centralidad de intermediación cuantifica la frecuencia con la que un nodo (en este caso, un código tecnológico CPC como G09B o G06N) actúa como un puente a lo largo del camino más corto entre otros dos nodos (Braeseman, 2019; Salhi y Qbadou 2020).

Un nodo con alta C_B tiene una influencia desproporcionada sobre el flujo de información en la red (Mostafa *et al.*, 2023). No se trata simplemente de cuántas conexiones tiene (grado), sino de su posición estratégica: un alto C_B indica que esa tecnología es un “cuello de botella” o un intermediario crítico sin el cual diferentes dominios del conocimiento quedarían desconectados. Estudios recientes sobre la dinámica de la Industria 4.0 y tecnologías verdes han demostrado que la métrica de C_B es un predictor más preciso de la evolución tecnológica futura y de la importancia estructural que el simple conteo de patentes (Mostafa *et al.*, 2023).

En el contexto de esta investigación, un valor alto de C_B en los códigos de intersección entre IA y educación (como G09B5/02 o G06N) no es meramente una estadística de popularidad; constituye la evidencia estructural de que la IA se ha convertido en el método fundamental para la recombinación de saberes en el sector educativo.

Si los códigos de IA y tecnología educativa poseen una alta centralidad de intermediación, esto demuestra que:

1. La tecnología está conectando campos dispares (ej. psicología cognitiva y redes neuronales), facilitando el flujo de conocimiento necesario para la “creación” de nuevos paradigmas (Mostafa *et al.*, 2023).

2. La IA ha adquirido una posición de control sobre cómo se genera la innovación educativa. Al controlar los caminos más cortos de la red de citas, la IA desplaza a los métodos pedagógicos tradicionales hacia la periferia de la red, evidenciando la faceta de “destrucción” o marginalización de saberes obsoletos (Salhi y Qbadou, 2020).

La centralidad de intermediación operacionaliza el concepto abstracto de IMI. Permite demostrar que la IA no es solo una herramienta auxiliar añadida a la educación, sino un nodo estructuralmente dominante que reconfigura las rutas a través de las cuales fluye y se crea el nuevo conocimiento científico y educativo.

Siguiendo la metodología de análisis de redes aplicada a la innovación (Bianchini *et al.*, 2022; Kotlarz *et al.*, 2024), la C_B cuantifica la frecuencia con la que un nodo actúa como un puente a lo largo del camino más corto entre otros dos nodos. La fórmula utilizada para calcular la C_B del nodo i es:

$$C_B = \sum_{s \neq t \neq i} \frac{\sigma_{st}(i)}{\sigma_{st}}$$

Donde σ_{st} es el número de caminos más cortos desde el nodo s al nodo t , y $\sigma_{st}(i)$ es el número de esos caminos que pasan a través de i (Kotlarz *et al.*, 2024; Mostafa *et al.*, 2023). Un valor alto de C_B en un código de intersección identifica a dicha tecnología como un *hub* o conector crítico que controla el flujo de información entre la IA y la educación (Braeseman 2019). A diferencia del simple conteo de patentes (grado), la C_B revela la influencia estructural y la capacidad de una tecnología para mediar en la creación de nuevas combinaciones, validando empíricamente si la IA está actuando como un método general de invención (IMI) que reestructura la topología del conocimiento educativo (Bianchini *et al.*, 2022; Mostafa *et al.*, 2023).

IV. Datos

Esta investigación examina las citas académicas vinculadas a instituciones universitarias que aparecen referenciadas en patentes publicadas. Dichas patentes no solo remiten a innovaciones previas o diseños técnicos, sino también al conocimiento científico generado en el ámbito universitario. Este fenómeno puede entenderse como un indicio de la dinámica de destrucción creativa en la educación superior: el saber académico, originalmente concebido como bien público, se convierte en insumo para procesos de innovación tecnológica —en este caso asociados a la

inteligencia artificial— que reconfiguran el papel de las universidades en la producción, apropiación y legitimación del conocimiento.

Los datos utilizados en este estudio provienen de una base construida a partir de Lens PatCite (Lens.org), con el propósito de identificar las interacciones entre innovación tecnológica y producción científica. Para delimitar las invenciones relacionadas con el ámbito educativo se recurrió a las clases CPC o *Cooperative Patent Classification*¹, vinculadas directamente con educación (véase Tabla 1), además de restringir el análisis a patentes publicadas. Asimismo, se emplearon palabras clave como “*artificial intelligence*”, “*neural network*”, entre otras, con el fin de precisar la búsqueda en torno a tecnologías de inteligencia artificial aplicadas a la educación (véase Tabla 2).

Tabla 1. Clasificaciones CPC (*Cooperative Patent Classification*) relevantes para la educación

Clase CPC	Descripción de la clase
G09B	Esta clase comprende los dispositivos, equipos y modelos diseñados específicamente para fines educativos o de demostración. Incluye herramientas para la enseñanza y la comunicación con personas con discapacidad (como ciegos, sordos o mudos), así como modelos físicos, planetarios, globos, mapas y diagramas utilizados en procesos formativos.
G09B5/00	Se refiere a los dispositivos de enseñanza que funcionan mediante energía eléctrica. Abarca herramientas que permiten actividades de aprendizaje con soporte eléctrico.
G09B7/00	Incluye los equipos diseñados para el aprendizaje interactivo, en los que el estudiante responde preguntas y el sistema proporciona retroalimentación.
G09B9/00	Abarca los dispositivos que recrean situaciones reales o virtuales para fines educativos o de formación. Son útiles en el entrenamiento práctico de diversas disciplinas.

Fuente: Elaboración propia con información de Espacenet (s.f.)

En el ámbito de la inteligencia artificial, las diferentes expresiones clave aluden a técnicas o enfoques particulares que han marcado el desarrollo del campo. El término “*artificial intelligence*” se emplea de forma general para describir sistemas capaces de realizar tareas que requieren razonamiento, aprendizaje o toma de decisiones (Agrawal *et al.*, 2017 ; Norbäck y Persson, 2024), mientras que “*machine intelligence*” enfatiza la capacidad de las máquinas de imitar procesos cognitivos humanos (UKGOS, 2016). Los “*neural networks*” (redes neuronales) son arquitecturas inspiradas en el cerebro que permiten procesar datos complejos mediante capas de nodos interconectados y se utilizan, entre otras aplicaciones, para reconocimiento de patrones o síntesis de lenguaje (Okewu *et al.*, 2021).

Los “support vector machines/networks” corresponden a algoritmos de clasificación supervisada que encuentran un hiperplano óptimo para separar datos en distintas categorías, siendo especialmente útiles en análisis de texto o de imágenes (Mukkamala *et al.*, 2007). Los “expert systems” son programas basados en reglas y conocimiento especializado que resuelven problemas específicos emulando la lógica de expertos humanos en áreas delimitadas, como diagnóstico médico o asesoría técnica (Sayed, 2021). Finalmente, la “fuzzy logic” (lógica difusa) se relaciona con la capacidad de procesar información imprecisa o incierta, permitiendo que una variable no sea únicamente “verdadera” o “falsa”, sino que pueda adoptar valores intermedios, lo que resulta clave en sistemas de control, toma de decisiones y aplicaciones donde las categorías no son estrictamente binarias (Lv, Z., Shen, H., y Saravanan, V., 2020).

Tabla 2. Query para la búsqueda de patentes

Descripción	Query
Educación	class_cpc.symbol:G09B5/* OR class_cpc.symbol:G09B7/* OR class_cpc.symbol:G09B9/*
IA	("artificial intelligence") OR ("neural network") OR ("expert system") OR ("fuzzy logic") OR ("machine intelligence") OR ("support vector machine") OR ("support vector network")
IA en la educación	("artificial intelligence") OR ("neural network") OR ("expert system") OR ("fuzzy logic") OR ("machine intelligence") OR ("support vector machine") OR ("support vector network") AND (class_cpc.symbol:(G09B5/*) OR class_cpc.symbol:(G09B7/*) OR class_cpc.symbol:(G09B9/*))

Fuente: Elaboración propia.

La búsqueda se refinó considerando únicamente patentes concedidas en el periodo 2012–2024. Como resultado, se identificaron 1,199 familias simples de patentes, que en conjunto agrupan 1,845 registros individuales, y 1,139 familias extendidas. Es importante precisar que, en el ámbito de la propiedad industrial, una familia simple reúne todas las solicitudes de patente que comparten una misma prioridad (es decir, que derivan de la primera presentación de una invención), mientras que una familia extendida agrupa todas las solicitudes vinculadas a una invención, incluso si no comparten la misma prioridad, pero están relacionadas técnicamente. Por su parte, los registros de patentes corresponden a cada documento publicado en una oficina nacional o regional, de modo que una misma invención puede dar lugar a múltiples registros en distintos países. Cabe señalar que la búsqueda no se restringió a una jurisdicción específica, por lo que los resultados abarcan patentes procedentes de diversas regiones del mundo. En este escrito se consideran únicamente 1,199 patentes (familia simple) de esta forma se evita una doble contabilidad de patentes.

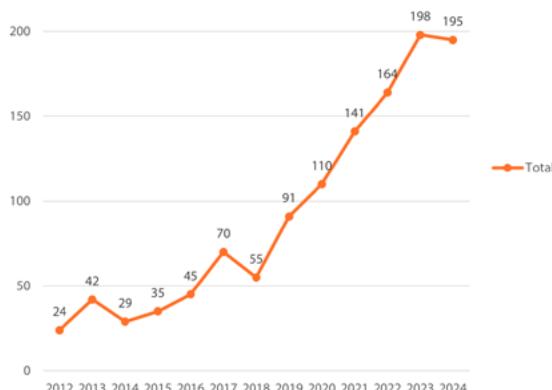
De este conjunto de patentes se identificaron 4,493 citas académicas, lo que refleja la utilización de conocimiento científico en el proceso de innovación tecnológica. Este tipo de referencias suele estar estrechamente vinculado con la producción de instituciones universitarias y centros de investigación, lo cual permite observar cómo los saberes generados en la academia se transforman en insumos para el desarrollo de invenciones protegidas mediante patentes. En la siguiente sección se presentan los principales resultados de este análisis, con énfasis en la relación entre las citas académicas y las patentes concedidas en el ámbito de la inteligencia artificial aplicada a la educación.

V. Resultados

Análisis de citas académicas

En primer lugar, los datos revelan un crecimiento sostenido en el número de patentes vinculadas a la intersección entre educación e inteligencia artificial desde 2012. Tal como se observa en la Gráfica 1, las concesiones pasaron de 24 patentes en 2012 a 195 en 2024, lo que refleja una dinámica de expansión tecnológica cada vez más acelerada en este campo. A partir de 2019 se aprecia un repunte particularmente marcado, que no solo consolidó la tendencia positiva previa, sino que además se mantuvo incluso durante los años de la pandemia, evidenciando la resiliencia e importancia estratégica de estas innovaciones en el ámbito educativo.

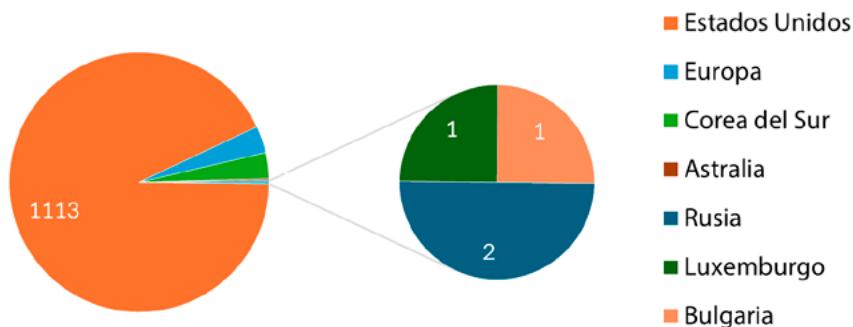
Gráfica 1. Evolución mundial de las patentes en Educación e IA (2012-2024)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Lens.org

En cuanto a la concentración geográfica, los resultados muestran una fuerte asimetría en el patentamiento. De las 1,199 patentes identificadas, 1,113 corresponden a la jurisdicción de Estados Unidos, mientras que Europa suma apenas 40 y Corea del Sur 39 (véase la Gráfica 2). Esta distribución no solo refleja la ausencia de países latinoamericanos —incluido México— en este campo, sino que evidencia una marcada brecha tecnológica que limita la capacidad de la región para insertarse en las dinámicas globales de innovación. La concentración de las invenciones en unos pocos polos tecnológicos sugiere, además, que el proceso de destrucción creativa está siendo liderado por países con mayor capacidad científica y empresarial, dejando a otros rezagados en la posibilidad de aprovechar estas transformaciones para renovar sus sistemas educativos.

Gráfica 2. Distribución geográfica de las patentes en Educación e IA (2012-2024)



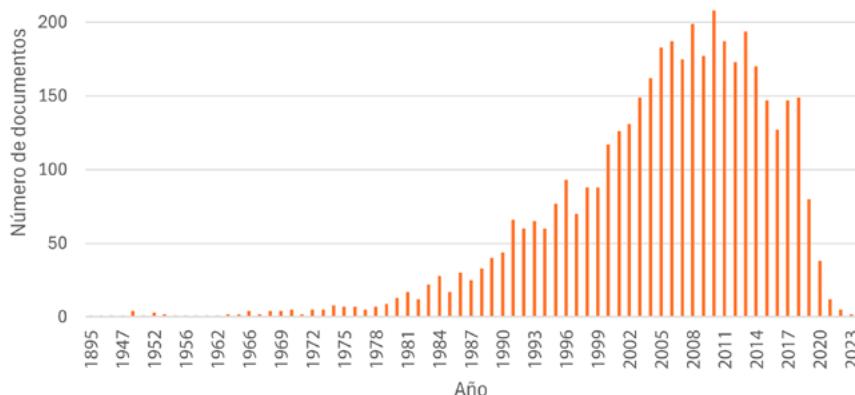
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Lens.org

El análisis de los datos muestra que la incorporación de conocimiento científico con fines de patentamiento ha seguido una tendencia creciente a lo largo del tiempo. Para esta búsqueda específica se identificaron publicaciones académicas desde 1895, lo que evidencia la larga trayectoria de interacción entre ciencia e innovación tecnológica. Estos resultados permiten observar que el conocimiento académico no solo tiene un impacto comercial en las empresas, sino que también influye en la transformación de las prácticas educativas, ya sea mediante la introducción de dispositivos en el aula o a través de nuevas formas de organización y gestión del aprendizaje.

Cabe señalar que en los años más recientes se registra una disminución en el número de citas académicas (véase la Gráfica 3). Sin embargo, esta caída no necesariamente refleja un descenso real en la interacción entre ciencia y patentes, sino

que obedece al rezago característico de los procesos de publicación y concesión de patentes, así como a la demora en la indexación de referencias no patentarias en las bases de datos utilizadas. Por esta razón, los resultados correspondientes a los últimos años deben interpretarse con cautela.

Gráfica 3. Citas académicas referenciadas en patentes de Educación-IA



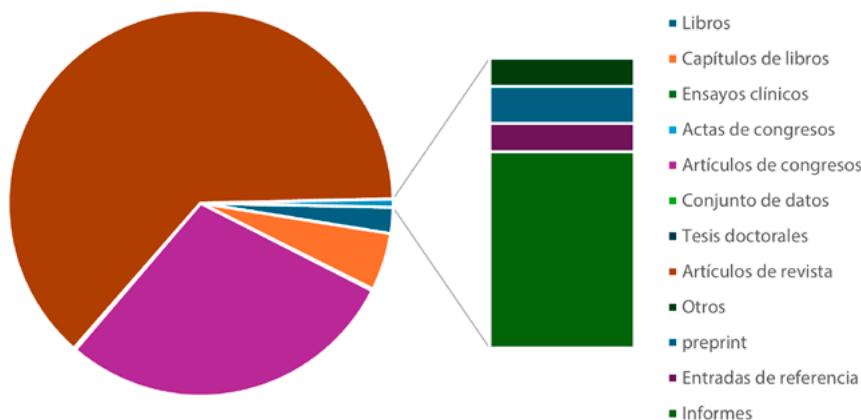
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Lens.org

Las citas académicas identificadas abarcan una amplia diversidad de documentos: libros y capítulos de libros, que reflejan la producción académica consolidada en editoriales universitarias y en manuales especializados; ensayos clínicos y conjuntos de datos, resultado de investigaciones aplicadas que suelen estar vinculadas a proyectos desarrollados en hospitales universitarios o centros de investigación; actas y artículos de congreso, que representan la difusión temprana de hallazgos en reuniones científicas organizadas frecuentemente por instituciones de educación superior; tesis doctorales, que evidencian la formación de nuevos investigadores en las universidades; así como artículos de revista, la forma más común de comunicación científica validada por pares. También se incluyen otros documentos como preprints, entradas de referencia e informes, que muestran tanto la circulación preliminar del conocimiento como la producción institucional de organismos académicos o públicos.

En la Gráfica 4 se observa que el tipo de documento más citado corresponde a los artículos de revistas (2,840), seguidos por los artículos de actas de congreso (1,293), los capítulos de libro (217) y libros (98). Esta distribución confirma el papel central

de las universidades en la generación de conocimiento científico: desde la investigación básica difundida en revistas y congresos hasta la formación de investigadores a través de tesis doctorales y la consolidación de saberes en libros académicos.

Gráfica 4. Tipos de documentos citados en patentes de Educación-IA

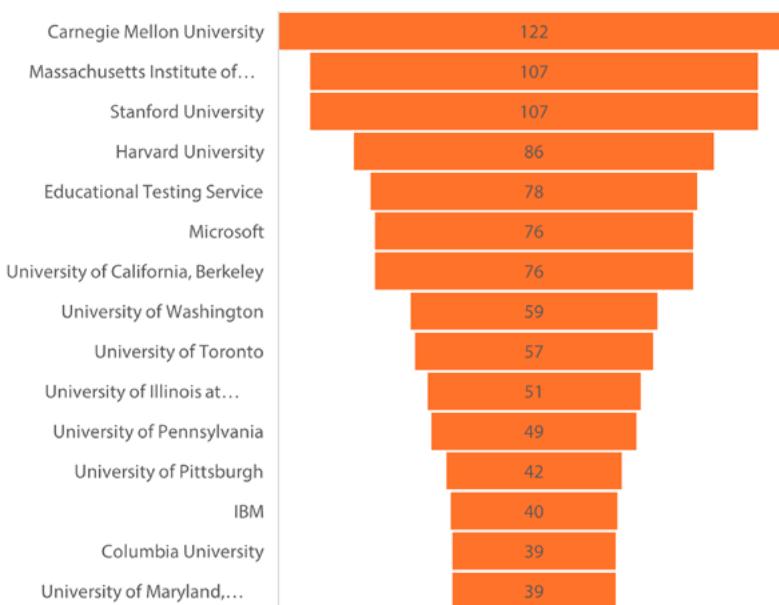


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Lens.org

Dentro de las principales instituciones universitarias que generan conocimiento relacionado con la intersección entre educación e inteligencia artificial destaca Carnegie Mellon University, una universidad privada ampliamente reconocida en Estados Unidos por su liderazgo en ciencias de la computación y robótica. De acuerdo con el World University Rankings de Times Higher Education (2024), Carnegie Mellon se ubica en la posición 24 a nivel mundial, lo que la sitúa entre las 30 universidades más prestigiosas del planeta. Este ranking resulta especialmente confiable, pues se elabora en colaboración con Elsevier a partir del análisis de más de 134 millones de citas correspondientes a 16,5 millones de publicaciones.

En los resultados de la presente investigación, Carnegie Mellon aparece con más de 100 publicaciones citadas en las patentes analizadas (véase Gráfica 5). Este hallazgo constituye un primer indicador del papel que desempeña la universidad en la articulación entre producción académica y procesos de innovación patentada. Asimismo, sugiere un vínculo estrecho entre la calidad educativa y los mecanismos de destrucción creativa, en tanto los saberes universitarios no solo generan impacto comercial, sino que también contribuyen a la redefinición de modelos de enseñanza y a la creación de nuevo conocimiento en el campo de la inteligencia artificial aplicada a la educación.

Gráfica 5. Principales instituciones citadas en patentes de educación e inteligencia artificial (2012–2024)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Lens.org

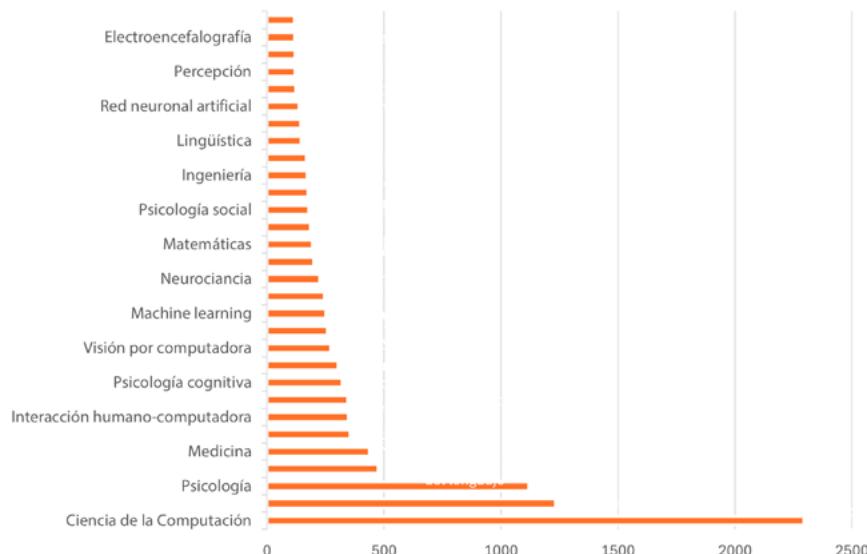
Otras universidades que aparecen entre las principales instituciones vinculadas a la producción de conocimiento en educación e inteligencia artificial son el Massachusetts Institute of Technology (MIT), ubicado en la tercera posición del ranking mundial; Stanford University, en la segunda posición; Harvard University, en la cuarta; y la University of California, Berkeley, en la novena. Estas universidades destacan no solo por la calidad de sus modelos de enseñanza, sino también por el alto nivel de investigación que desarrollan, su capacidad para generar conocimiento de frontera y sus estrechas relaciones con el sector industrial a través de colaboraciones universidad–empresa.

La presencia recurrente de estas instituciones en la frontera del conocimiento refleja la importancia de la vinculación entre educación e inteligencia artificial como motor de innovación. Además, ilustra el papel de la universidad en un proceso de destrucción creativa, entendido en términos schumpeterianos como la secuencia que inicia con la investigación científica y se consolida con su aplicación comercial, en este caso materializada en las patentes. De este modo, las

universidades mejor posicionadas a nivel global no solo lideran la producción de conocimiento, sino que también actúan como agentes clave en la transformación y desplazamiento de modelos educativos tradicionales.

Al clasificar los artículos académicos citados en las patentes vinculadas a la intersección entre educación e inteligencia artificial, se observa que el campo predominante es la ciencia de la computación (véase Gráfica 6). Este resultado evidencia que gran parte de las innovaciones en el área surgen inicialmente en departamentos de informática antes que en facultades de educación. La inteligencia artificial, desde los primeros algoritmos hasta los desarrollos actuales en *machine learning* y *deep learning*, constituye un subcampo histórico de la computación, lo que explica su centralidad. Sin embargo, este predominio también refleja una tendencia *destructiva*: el locus de transformación del conocimiento educativo se desplaza hacia la lógica técnica propia de la computación. Si bien no puede afirmarse que exista un reemplazo directo de los enfoques pedagógicos, sí se advierten señales de un proceso de destrucción creativa en marcha, en el que las principales universidades del mundo reconfiguran sus modelos educativos bajo los parámetros de la innovación tecnológica.

Gráfica 6. Principales campos disciplinarios de las citas académicas en patentes de educación e IA (Top 30)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Lens.org

Los principales campos en los que se clasifican las citas académicas en las patentes analizadas —psicología, inteligencia artificial, procesamiento del lenguaje natural, medicina y cognición— muestran que la IA educativa no es únicamente un fenómeno técnico, sino que involucra dimensiones cognitivas, humanas y aplicadas.

En el caso de la psicología, la relevancia de la IA educativa radica en que los sistemas no se limitan a procesar datos, sino que modelan procesos de aprendizaje, motivación y conducta. Esto resalta la importancia de la cognición y de la interacción humano-máquina, al mismo tiempo que la pedagogía comienza a ser reinterpretada desde la psicología cognitiva apoyada en algoritmos.

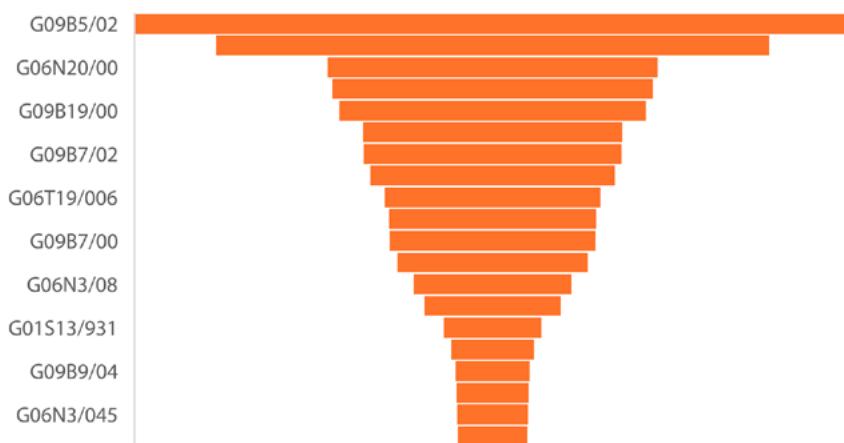
La inteligencia artificial como campo autónomo —y no solo como subdisciplina de la informática— evidencia la evolución de enfoques que van desde los sistemas expertos hasta el aprendizaje profundo, aplicados directamente a problemas educativos. En este sentido, la educación se convierte también en un espacio de experimentación y creatividad para la propia IA.

El procesamiento del lenguaje natural constituye otro eje fundamental en el desarrollo de tutorías inteligentes, asistentes conversacionales y mecanismos de corrección automática. Su aporte central es permitir que la IA comprenda y genere lenguaje humano, lo cual impacta en la docencia, en la retroalimentación automatizada y en el aprendizaje de idiomas. Algunos estudios incluso destacan que, en este terreno, la frontera entre el profesor humano y el asistente digital comienza a volverse difusa.

En el ámbito de la medicina, las aplicaciones de la IA educativa se expresan en la formación asistida por simuladores, la realidad virtual y el análisis de datos clínicos. El entrenamiento y la enseñanza en áreas críticas como cirugía o diagnóstico están siendo transformados, desplazando métodos tradicionales de enseñanza clínica por entornos virtuales, un claro ejemplo de destrucción creativa. Estos campos muestran cómo la innovación tecnológica se articula con saberes interdisciplinarios, acelerando un proceso de destrucción creativa en los modelos contemporáneos de enseñanza.

Índice de C_B

Como se mencionó anteriormente el C_B , mide el código CPC como puente que conecta con otros campos tecnológicos dispares, un C_B alto indica que la tecnología es fundamental para la recombinación de conocimientos. Al analizar el top 20 de códigos CPC con mayor centralidad de intermediación, se observa una fuerte convergencia de la educación y la IA predictiva o *machine learning*.

Gráfica 7. Top 20 de códigos CPC con mayor C_B 

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Lens.org

Los hallazgos mostrados en la Gráfica 7 indican que el nodo con mayor influencia estructural es una aplicación educativa tecnológicamente sofisticada, en lugar de un algoritmo de IA puro: G09B5/02 (sistemas de enseñanza eléctrica) con un C_B de 0.1062, seguido de G09B5/06 (0.0821). La tesis de la destrucción creativa se basa en este descubrimiento. El predominio de estos códigos sugiere que el foco de innovación se ha desplazado hacia la interfaz de interacción, de acuerdo con el razonamiento de que un C_B alto predice la trayectoria de la innovación futura. La tecnología es más que una simple adición al aula; sirve como un vínculo crucial para cada nueva combinación de conocimientos. Estos nodos sirven como centros que conectan la capacidad informática de vanguardia con la enseñanza convencional, lo que confirma que la innovación en este campo es intrínsecamente recombinante.

El tercer nodo más influyente, G06N20/00 (aprendizaje automático o *machine learning*, véase la descripción de las clases en la Tabla 3) con un C_B de 0.0489, superando tanto a los enfoques pedagógicos generales como a otras tecnologías especializadas. La IA funciona como una invención de un método de invención (IMI), como lo demuestra el importante papel del código general de aprendizaje automático como puente entre diferentes aplicaciones educativas (simuladores G09B9/00, realidad mixta G06T19/006). La IA se integra en la ruta crucial del descubrimiento educativo, en lugar de existir como un nodo periférico. Además, la presencia de G06N3/08 (métodos de aprendizaje en redes neuronales) en el ranking refuerza que la lógica algorítmica está permeando la estructura profunda de la invención educativa.

Tabla 3. Descripción de los top 20 clases CPC con mayor C_B

CPC	Descripción
G09B5/02	Aparatos educativos eléctricos con presentación visual (interacción).
G09B5/06	Aparatos educativos eléctricos con presentación visual y audible.
G06N20/00	Aprendizaje automático (<i>machine learning</i>) general.
G09B9/00	Simuladores didácticos y de entrenamiento (general).
G09B19/00	Aparatos de enseñanza y demostración generales.
G09B5/00	Aparatos educativos eléctricos (clasificación general).
G09B7/02	Dispositivos de enseñanza eléctricos basados en preguntas y respuestas (Q&A).
G09B5/065	Aparatos educativos audiovisuales (basados en sistemas de video/TV).
G06T19/006	Realidad mixta y manipulación de modelos 3D.
G06F3/011	Interacción humano-computadora e inmersión virtual.
G09B7/00	Aparatos de enseñanza eléctricos de preguntas y respuestas (Q&A).
G09B19/003	Enseñanza especializada en Ciclos Repetitivos o secuencia de movimientos.
G06N3/08	Redes neuronales y métodos de aprendizaje (<i>deep learning</i>).
G09B5/04	Aparatos educativos eléctricos con presentación audible.
G01S13/931	Sistemas de radar anticolisión para vehículos terrestres.
G06F30/20	Diseño asistido por ordenador: Optimización y simulación.
G09B9/04	Simuladores de control de vehículos terrestres.
G09B9/08	Simuladores de control de aeronaves.
G06N3/045	Arquitectura de redes neuronales (topología y combinaciones).
G09B19/0038	Enseñanza especializada en deportes.

Fuente: Elaboración propia con base en Cooperative Patent Classification (s. f.).

Además, el análisis de centralidad ofrece evidencia del proceso de “destrucción” o desplazamiento. En comparación con los sistemas eléctricos interactivos (G09B5/02), el código G09B19/00, que denota métodos educativos convencionales y generales no mediados por electricidad, presenta un C_B de 0.0456. Esto sugiere que, en términos de topología de red, los sistemas que incorporan retroalimentación automatizada (G09B7/00) y procesamiento de datos (G06F) están desplazando los enfoques educativos tradicionales hacia la periferia, lo que disminuye su capacidad para servir como conectores de innovación. Aquí, vemos cómo la lógica computacional está reemplazando a la lógica pedagógica tradicional como el eje principal que articula el desarrollo de nuevos productos y enfoques educativos.

En conjunto, los hallazgos muestran que la intersección entre educación e inteligencia artificial se encuentra en una etapa de expansión acelerada, aunque con fuertes asimetrías regionales y disciplinarias. El crecimiento sostenido de las patentes, la concentración geográfica en unos pocos países y la centralidad de campos como la informática o la psicología evidencian que la innovación está redefiniendo las bases del conocimiento y la práctica educativa. Al mismo tiempo, la ausencia de participación significativa de regiones como América Latina revela brechas que pueden profundizar las desigualdades en la capacidad de generar y apropiarse de estas tecnologías. Estos resultados invitan a reflexionar sobre la doble cara del proceso de destrucción creativa: mientras impulsa nuevas formas de enseñanza y aprendizaje, también desplaza a quienes no logran integrarse a la dinámica global de innovación.

Además, la distribución de los valores de centralidad de intermediación muestra que la estructura de conocimiento del sector ha cambiado: la innovación ahora debe mediarse mediante sistemas de interacción inteligentes (G09B5) impulsados por núcleos de aprendizaje automático (G06N), en lugar de mediante la pedagogía tradicional.

VI. Conclusiones

Esta investigación muestra que el proceso de destrucción creativa en las universidades, particularmente en el campo de la educación apoyada en inteligencia artificial, se encuentra aún en una fase inicial; no obstante, las asimetrías ya comienzan a ser evidentes. Mientras que países líderes concentran la mayoría de las invenciones y marcan el ritmo de la innovación, otras regiones, como América Latina, permanecen rezagadas y corren el riesgo de quedar al margen de estas transformaciones. Este escenario plantea un doble desafío: por un lado, aprovechar el potencial de la IA para renovar las prácticas educativas y expandir el acceso al conocimiento; y, por otro, diseñar estrategias que permitan reducir las brechas tecnológicas y académicas entre países y universidades. Reconocer esta tensión es clave para comprender cómo la IA no solo impulsa nuevas oportunidades de aprendizaje, sino que también redefine los equilibrios globales en la producción y transmisión del saber.

Las universidades no solo participan en el proceso de destrucción creativa al proveer conocimiento que luego es absorbido en el ciclo de innovación tecnológica, sino que también atraviesan internamente este mismo fenómeno. La incorporación de herramientas de inteligencia artificial está transformando su quehacer cotidiano: desde la capacidad de resumir y sintetizar información de manera automática, que modifica los procesos de enseñanza y de evaluación, hasta la introducción de

sistemas de aprendizaje adaptativo y tutoría inteligente, que replantean el rol tradicional del docente. En el proceso de investigación de los estudiantes y profesores, la disponibilidad de algoritmos capaces de procesar grandes volúmenes de datos y generar hipótesis preliminares acelera la producción de conocimiento, pero también tensiona la idea de autoría académica y originalidad científica.

Finalmente, la investigación sobre la Centralidad de Intermediación (C_B) ofrece una prueba estructural de que la IA ha trascendido su función como herramienta auxiliar para convertirse en el nodo dominante de la red de innovación educativa. La IA actúa como un “puente” crucial para la originalidad recombinante, facilitando flujos de información hasta ahora inéditos entre la informática y el conocimiento educativo, como lo demuestran los altos valores de C_B descubiertos en la intersección tecnológica. Este resultado ofrece una prueba empírica de que la IA opera como una tecnología IMI; no solo acelera la creación de patentes, sino que también reorganiza la topología del conocimiento académico, relegando los métodos tradicionales a la periferia y estableciendo una nueva lógica de descubrimiento basada en la predicción automatizada.

Estas dinámicas muestran que la universidad no es únicamente un agente activo en la difusión de innovaciones, sino también un espacio donde la destrucción creativa opera con intensidad, reconfigurando sus modelos educativos, sus prácticas investigativas y sus formas de organización.

El presente artículo enfrenta diversas limitaciones. En primer lugar, el uso de patentes restringe la cobertura de datos, ya que no todas las innovaciones educativas se registran en este formato: muchas permanecen en el ámbito del software abierto, en prácticas pedagógicas o en desarrollos institucionales no patentados, lo que deja fuera una parte significativa del panorama innovador. Asimismo, el análisis presenta un sesgo geográfico, pues la mayoría de los registros provienen de Estados Unidos, Europa y Asia, mientras que regiones como América Latina apenas aparecen representadas. En este sentido, resulta pertinente promover estudios regionales —por ejemplo, utilizando la información del IMPI en el caso de México— y complementar la investigación con otras fuentes, como reportes institucionales, bases de publicaciones científicas o proyectos de innovación educativa. Del mismo modo, se recomienda impulsar estudios que examinen de manera específica el papel de las universidades latinoamericanas en la adopción y creación de tecnologías educativas basadas en IA.

Notas

1. La Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC), introducida en 2013, es un sistema internacional que organiza y estandariza la clasificación de las invenciones registradas en las principales oficinas de patentes. Cada patente es analizada por examinadores y asignada a una o varias clases CPC, las cuales funcionan como etiquetas que describen de forma concisa el núcleo tecnológico de la invención. Así como las palabras clave permiten identificar el contenido de un artículo académico, las clases CPC son el principal filtro para localizar, comparar y analizar patentes en campos específicos de innovación (Montecchi *et al.*, 2013).

VII. Referencias

- Aghion, P., Antonin, C., & Bunel, S. (2021). *The power of creative destruction: Economic upheaval and the wealth of nations*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/9780674258686>
- Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2017). What to expect from artificial intelligence. *MIT Sloan Management Review*. <https://agrawal.ca/s/What-to-Expect-From-Artificial-Intelligence-b88l.pdf>
- Bianchini, S., Müller, M., & Pelletier, P. (2022). Artificial intelligence in science: An emerging general method of invention. *Research Policy*, 51(10), Article 104604. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104604>
- Borgstedt, P., Neyer, B., & Schewe, G. (2017). Paving the road to electric vehicles – A patent analysis of the automotive supply industry. *Journal of Cleaner Production*, 167, 75-87. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.161>
- Braesemann, F. (2019). The Evolution of Digital Technologies: A Network Perspective on Machine Learning. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3470345>
- Braun, F. G., Hooper, E., Wand, R., & Zloczysti, P. (2011). Holding a candle to innovation in concentrating solar power technologies: A study drawing on patent data. *Energy Policy*, 39(5), 2441–2456. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.02.008>
- Cooperative Patent Classification (CPC) | EPO.org. (s. f.). <https://www.epo.org/en/searching-for-patents/helpful-resources/first-time-here/classification/cpc>
- Chaka, C. (2023). Fourth industrial revolution—a review of applications, prospects, and challenges for artificial intelligence, robotics and blockchain in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 18, 002. <https://doi.org/10.58459/rptel.2023.18002>

- Chandra, R. (2024). Joseph Schumpeter, Allyn Young, and the future of capitalism. *Journal of Post Keynesian Economics*, 47(4), 823–852. <https://doi.org/10.1080/01603477.2024.2395384>
- Chen, A., Xiang, M., Zhou, J., Jia, J., Shang, J., Li, X., Gašević, D., & Fan, Y. (2025). Unpacking help-seeking process through multimodal learning analytics: A comparative study of ChatGPT vs Human expert. *Computers & Education*, 226, 105198. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105198>
- Clark, B. R. (1998). *Creating entrepreneurial universities: Organizational pathways of transformation*. Pergamon. <https://eric.ed.gov/?id=ED421938>
- Cockburn, I. M., Henderson, R., & Stern, S. (2018). The impact of artificial intelligence on innovation (NBER Working Paper No. 24449). *National Bureau of Economic Research*. <http://www.nber.org/papers/w24449>
- Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 22. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>
- Devasena, R. (2024). Artificial intelligence in education: An alternative to traditional learning. *Journal of English Language Teaching*, 66(1), 13–21. <https://journals.eltai.in/jelt/article/view/JELT660103>
- Du Plooy, E., Casteleijn, D., & Franzsen, D. (2024). Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review of key characteristics and impact on academic performance and engagement. *Helijon*, 10(21), e39630. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39630>
- Espacenet. (s. f.). *CPC Brower*. European Patent Organization Oficina Europea de Patentes. <https://worldwide.espacenet.com/patent/cpc-browser#>
- Etzkowitz, H. (1983). Entrepreneurial scientists and entrepreneurial universities in American academic science. *Minerva*, 21(2–3), 198–233. <https://www.jstor.org/stable/41820527>
- Etzkowitz, H. (2003). Research groups as ‘quasi-firms’: The invention of the entrepreneurial university. *Research Policy*, 32(1), 109–121. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00009-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00009-4)
- Feng, S., & Law, N. (2021). Mapping Artificial Intelligence in Education Research: a Network-based Keyword Analysis. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 31(2), 277–303. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00244-4>
- Ferreyra, M. M., Avitabile, C., Botero Álvarez, J., Haimovich Paz, F., & Urzúa, S. (2017). At a crossroads: Higher education in Latin America and the Caribbean. *World Bank*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1014-5>
- Gerlich, M. (2025). AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. *Societies*, 15(1), 6. <https://doi.org/10.3390/soc15010006>

- Griliches, Z. (1998). Patent statistics as economic indicators: a survey. En *R&D and productivity: the econometric evidence* (pp. 287-343). University of Chicago Press. <http://www.nber.org/chapters/c8351>
- Hakiki, M., Fadli, R., Samala, A. D., Fricticarani, A., Dayurni, P., Rahmadani, K., Astiti, A. D., & Sabir, A. (2023). Exploring the impact of using Chat-GPT on student learning outcomes in technology learning: The comprehensive experiment. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 3(2), 859-872. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2023.02.013>
- Hetmańczyk, P. (2024). Digitalization and its impact on labour market and education: Selected aspects. *Education and Information Technologies*, 29, 11119-11134. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12203-8>
- Hicks, B., Linden, K., & Van Der Ploeg, N. (2021). Opportunities to improve learning analytics for student support when using online assessment tools. En S. Gregory, S. Warburton, and M. Schier (Eds.), *2021: ASCILITE 2021 Conference Proceedings: Back to the Future* (pp. 60-64). University of New England. <https://publications.ascilite.org/index.php/APUB/article/view/353/328>
- Yusof, M., y Jain, K. (2007). Entrepreneurial Leadership and Academic Entrepreneurship in Malaysian Public Research Universities. *DHARANA - Bhavan's International Journal of Business*, 5(2), 87-100. <https://informaticsjournals.co.in/index.php/dbijb/article/download/18218/15252>
- Johnson, R. B. (2014). Creative destruction of higher education institutions. *Journal of Research Initiatives*, 1(2), Article 12. <https://digitalcommons.uncfsu.edu/jri/vol1/iss2/12>
- Kestin, G., Miller, K., Klales, A., Milbourne T., & Ponti G. (2025). AI tutoring outperforms in-class active learning: An RCT introducing a novel research-based design in an authentic educational setting. *Scientific Reports*, 15, 17458. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97652-6>
- Kotlarz, P., Febo, M., & Nino, J. C. (2024). Brain network modularity and resilience signaled by betweenness centrality percolation spiking. *Applied Sciences*, 14(10), 4197. <https://doi.org/10.3390/app14104197>
- Kogelmann, B. (2025). Creative destruction and the autonomous life. *Journal of Business Ethics*, 197, 659-671. <https://doi.org/10.1007/s10551-024-05721-z>
- Lee, S., Hwang, J., & Cho, E. (2021). Comparing technology convergence of artificial intelligence on the industrial sectors: two-way approaches on network analysis and clustering analysis. *Scientometrics*, 127(1), 407-452. <https://doi.org/10.1007/s11192-021-04170-z>
- Leja, K., y Nagucka, E. (2013). Creative destruction of the university. Working Paper Series A, 14. *Faculty of Management and Economics*, Gdańsk University

- sity of Technology. <https://open.icm.edu.pl/items/f6a7741e-550a-4028-bbec-91b728fd9eb9>
- Liao, Z., Hong, W., Wang, Y., & Zhang, X. (2024). Does the patent value of green technology affect its transfer? The moderating role of industry competition. *Environmental Research*, 241, 117620. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117620>
- Lv, Z., Shen, H., & Saravanan, V. (2020). Artificial intelligence with fuzzy logic system for learning management evaluation in higher educational systems. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(2), 3501–3511. <https://doi.org/10.3233/JIFS-189387>
- Mars, M. M., & Rhoades, G. (2012). Socially Oriented Student Entrepreneurship: A Study of Student Change Agency in the Academic Capitalism context. *The Journal of Higher Education*, 83(3), 435–459. <https://doi.org/10.1080/00221546.2012.11777251>
- Molina, E., & Medina, E. (2025). AI revolution in higher education: What you need to know. En *Digital innovations in education*. World Bank. <https://documents.worldbank.org/pt/publication/documents-reports/document-detail/099757104152527995>
- Mollick, E. R., & Mollick, L. (2023). Using AI to implement effective teaching strategies in classrooms: Five strategies, including prompts. *The Wharton School Research Paper*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4391243>
- Montecchi, T., Russo, D., & Liu, Y. (2013). Searching in Cooperative Patent Classification: Comparison between keyword and concept-based search. *Advanced Engineering Informatics*, 27(3), 335–345. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2013.02.002>
- Mostafa, F., & Jollivet-Courtois, P. (2024). Does the future of Industry 4.0 lie in betweenness centrality? A structural network analysis of The Republic of Korea's patent citation maps for the green industry. *Revue D'Économie Industrielle*, 185, 105–133. <https://doi.org/10.4000/12k1x>
- Mukkamala, S., Yendrapalli, K., Basnet, R. B., & Sung, A. H. (2007). Detecting coordinated distributed multiple attacks. En *21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (AINAW'07)* (pp. 557–562). IEEE. <https://doi.org/10.1109/AINAW.2007.149>
- Norbäck, P. J., & Persson, L. (2024). Why generative AI can make creative destruction more creative but less destructive. *Small Business Economics*, 63, 349–377. <https://doi.org/10.1007/s11187-023-00829-4>
- Okewu, E., Adewole, P., Misra, S., Maskeliunas, R., & Damasevicius, R. (2021). Artificial neural networks for educational data mining in higher education:

- A systematic literature review. *Applied Artificial Intelligence*, 35(13), 983–1021. <https://doi.org/10.1080/08839514.2021.1922847>
- Pan, L., Haq, S. ul, Shi, X., & Nadeem, M. (2024). The impact of digital competence and personal innovativeness on the learning behavior of students: Exploring the moderating role of digitalization in higher education quality. *SAGE Open*, 14(3). <https://doi.org/10.1177/21582440241265919>
- Qian, L., Cao, W., Chen, L. (2025). Influence of artificial intelligence on higher education reform and talent cultivation in the digital intelligence era. *Scientific Reports*, 15, 6047. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-89392-4>
- Saksupapchon, P. (2025). Artificial intelligence-enabled educational advancements: A patent analysis approach. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 3(3), 57. <https://so09.tci-thaijo.org/index.php/PMR/article/view/6190>
- Sayed, B. T. (2021). Application of expert systems or decision-making systems in the field of education. *Information Technology in Industry*, 9(1), 1396–1405. <https://doi.org/10.17762/itii.v9i1.283>
- Schmookler, J. (1966). Patent statistics. En *Invention and economic growth* (pp. 18-56). Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/harvard.9780674432833.c3>
- Schumpeter, J. A. (1943). *Capitalism, socialism and democracy*. Allen & Unwin. (Original publicado en 1942 por Harper and Brothers)
- Staniulyte, J. (2021). Towards the entrepreneurial university: the principal-agent problem. *Quality & Quantity*, 56(5), 2971–2988. <https://doi.org/10.1007/s11135-021-01246-z>
- Times Higher Education. (2024). *World University Rankings 2024*. Times Higher Education. <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2024/world-ranking>
- Trajtenberg, M. (2019). *Artificial Intelligence as the next GPT: A Political-Economy Perspective*. NBER. <http://www.nber.org/chapters/c14025>
- UK Government Office for Science. (2016). *Artificial intelligence: Opportunities and implications for the future of decision making*. <https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-an-overview-for-policy-makers>
- Wakkee, I., Van Der Sijde, P., Vaupell, C., & Ghuman, K. (2018). The university's role in sustainable development: Activating entrepreneurial scholars as agents of change. *Technological Forecasting and Social Change*, 141, 195–205. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.10.013>