

# Compilación de Estudios Multidisciplinarios en Educación, Ciencia, Innovación y Tecnología

Aportes investigativos para la  
transformación del conocimiento  
y el desarrollo sostenible en el  
siglo XXI

# **Compilación de Estudios Multidisciplinarios en Educación, Ciencia, Innovación y Tecnología**

*Aportes investigativos para la transformación del conocimiento  
y el desarrollo sostenible en el siglo XXI*

**Compiladores:**

**Mgtr. Geovanny Francisco Ruiz Muñoz**

**Mgtr. Juan Carlos Vasco Delgado**

**Editorial de Educación, Investigación y Cultura Académica  
Marzo 2026**



**EDUINCA**

**Copyright © Editorial de Educación, Investigación y Cultura Académica**

**Copyright del texto © 2026 de Autores**

**International Publication Technical Data**

**Title:** *Compilación de Estudios Multidisciplinarios en Educación, Ciencia, Innovación y Tecnología. Aportes investigativos para la transformación del conocimiento y el desarrollo sostenible en el siglo XXI*

**Authors:** Geovanny Francisco Ruiz Muñoz, Betty Azucena Macas Padilla, Juan Carlos Vasco Delgado, Leonardo Jesús Vasco Delgado, Luis Aníbal Vasco Delgado, Héctor Ignacio Mero Criollo, Michael Jonathan Pimentel Elbert, Erick Oswaldo Quiroz Rojas, Mariuxi Lissett Vera Solórzano, César Andrés Mero Baquerizo, María Daniela García García, Jherson Paúl Paucar Moreno, Flor Marina Escobar Baquerizo, David Arturo Yépez González, Carlota María Bayas Jaramillo, Sandra Grimaldi Casadei, Xavier Oswaldo Viteri Guevara, Carlos Magno Moreira Barcia, Manuel Augusto Cevallos Gamboa, Kerly Mishell Aguirre Aguirre, Gabriela Carolina Solís Franco, Josselin Michelle Alvear Dávalos.

**Publisher:** Editorial de Educación, Investigación y Cultura Académica

**Compilers:** Mgtr. Geovanny Francisco Ruiz Muñoz, Mgtr. Juan Carlos Vasco Delgado

**Cover Design:** Editorial de Educación, Investigación y Cultura Académica

**Format:** PDF

**Pages:** 231

**Size:** A4 21x29.7cm

**System Requeriments:** Adobe Acrobat Reader

**Acces Mode:** World Wide Web

**Publication Date:** 16/03/2026

**ISBN:** 978-9907-9519-0-5

**DOI:** 10.5281/zenodo.18985860

**Primera edición, año 2026. Publicado por Editorial de Educación, Investigación y Cultura Académica.**

Esta obra ha sido sometida a un proceso de revisión por pares ciegos, cumpliendo con estándares académicos y editoriales de calidad bajo la supervisión de la editorial, la cual asume la responsabilidad de garantizar la integridad de dicho proceso; sin embargo, el contenido, la veracidad y la precisión de los datos presentados son responsabilidad exclusiva de sus autores. Se permite la descarga y distribución libre del libro siempre que se reconozca la autoría y no se modifique ni se utilice con fines comerciales. Queda prohibida su reproducción total o parcial sin autorización previa. Uso exclusivo para fines educativos y de divulgación académica.

**®Compilación de Estudios Multidisciplinarios en Educación, Ciencia, Innovación y Tecnología. Aportes investigativos para la transformación del conocimiento y el desarrollo sostenible en el siglo XXI.**

© 2026. Geovanny Francisco Ruiz Muñoz, Betty Azucena Macas Padilla, Juan Carlos Vasco Delgado, Leonardo Jesús Vasco Delgado, Luis Aníbal Vasco Delgado, Héctor Ignacio Mero Criollo, Michael Jonathan Pimentel Elbert, Erick Oswaldo Quiroz Rojas, Mariuxi Lissett Vera Solórzano, César Andrés Mero Baquerizo, María Daniela García García, Jherson Paúl Paucar Moreno, Flor Marina Escobar Baquerizo, David Arturo Yépez González, Carlota María Bayas Jaramillo, Sandra Grimaldi Casadei, Xavier Oswaldo Viteri Guevara, Carlos Magno Moreira Barcia, Manuel Augusto Cevallos Gamboa, Kerly Mishell Aguirre Aguirre, Gabriela Carolina Solís Franco, Josselin Michelle Alvear Dávalos

**Licencia y derechos de uso**

*Compilación de Estudios Multidisciplinarios en Educación, Ciencia, Innovación y Tecnología. Aportes investigativos para la transformación del conocimiento y el desarrollo sostenible en el siglo XXI*, está licenciada bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Para ver una copia de esta licencia, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>. Queda prohibida su reproducción total o parcial sin autorización previa. Uso exclusivo para fines educativos y de divulgación académica.

**Editorial de Educación, Investigación y Cultura Académica**  
**Primera edición**

**ISBN 978-9907-9519-0-5**

# Índice General

PRÓLOGO .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	1
FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA EN EL SIGLO XXI.....	3
Epistemological foundations of multidisciplinary research in the 21st Century... 3	
Geovanny Francisco Ruiz Muñoz .....	3
Betty Azucena Macas Padilla.....	3
Juan Carlos Vasco Delgado.....	3
Leonardo Jesús Vasco Delgado .....	3
Luis Aníbal Vasco Delgado .....	3
INNOVACIÓN EDUCATIVA Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LOS ENTORNOS DE APRENDIZAJE .....	28
Educational innovation and digital transformation in learning environments ....	28
Juan Carlos Vasco Delgado.....	28
Héctor Ignacio Mero Criollo.....	28
Michael Jonathan Pimentel Elbert.....	28
Erick Oswaldo Quiroz Rojas .....	28
Geovanny Francisco Ruiz Muñoz .....	28
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD: NUEVAS PERSPECTIVAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE .....	51
Science, technology, and society: New perspectives for sustainable development.....	51

Betty Azucena Macas Padilla.....	51
Mariuxi Lissett Vera Solórzano .....	51
César Andrés Mero Baquerizo .....	51
Juan Carlos Vasco Delgado.....	51
Geovanny Francisco Ruiz Muñoz .....	51
<b>METODOLOGÍAS EMERGENTES EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA .....</b>	<b>74</b>
Emerging methodologies in scientific and technological research.....	74
María Daniela García García .....	74
Leonardo Jesús Vasco Delgado .....	74
Jherson Paúl Paucar Moreno.....	74
Juan Carlos Vasco Delgado.....	74
Geovanny Francisco Ruiz Muñoz .....	74
<b>INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ANÁLISIS DE DATOS APLICADOS A LA EDUCACIÓN Y LA CIENCIA.....</b>	<b>95</b>
Artificial intelligence and data analysis applied to education and science .....	95
María Daniela García García .....	95
Flor Marina Escobar Baquerizo.....	95
Héctor Ignacio Mero Criollo.....	95
Juan Carlos Vasco Delgado.....	95
Geovanny Francisco Ruiz Muñoz .....	95
<b>SOSTENIBILIDAD, RESPONSABILIDAD SOCIAL Y ÉTICA EN LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.....</b>	<b>118</b>

Sustainability, social responsibility, and ethics in technological innovation ....	118
David Arturo Yépez González.....	118
Erick Oswaldo Quiroz Rojas .....	118
Luis Aníbal Vasco Delgado .....	118
Juan Carlos Vasco Delgado.....	118
Geovanny Francisco Ruiz Muñoz .....	118
<b>GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y MODELOS DE TRANSFERENCIA CIENTÍFICA .....</b>	<b>142</b>
Knowledge management and scientific transfer models .....	142
Carlota María Bayas Jaramillo .....	142
Sandra Grimaldi Casadei .....	142
Betty Azucena Macas Padilla.....	142
Juan Carlos Vasco Delgado.....	142
Geovanny Francisco Ruiz Muñoz .....	142
<b>POLÍTICAS PÚBLICAS, GOBERNANZA Y ECOSISTEMAS DE INNOVACIÓN .....</b>	<b>164</b>
Public Policies, Governance, and Innovation Ecosystems .....	164
Jherson Paúl Paucar Moreno.....	164
Xavier Oswaldo Viteri Guevara .....	164
Carlos Magno Moreira Barcia .....	164
Juan Carlos Vasco Delgado.....	164
Geovanny Francisco Ruiz Muñoz .....	164

INTERDISCIPLINARIEDAD Y COLABORACIÓN ACADÉMICA EN CONTEXTOS GLOBALIZADOS .....	187
Interdisciplinarity and academic collaboration in globalized contexts .....	187
César Andrés Mero Baquerizo .....	187
Manuel Augusto Cevallos Gamboa .....	187
Kerly Mishell Aguirre Aguirre .....	187
Juan Carlos Vasco Delgado .....	187
Geovanny Francisco Ruiz Muñoz .....	187
DESAFÍOS Y PROSPECTIVAS DE LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA HACIA EL 2050.....	210
Challenges and prospects of education, science, and technology toward 2050 .....	210
Erick Oswaldo Quiroz Rojas .....	210
Gabriela Carolina Solís Franco .....	210
Josselin Michelle Alvear Dávalos .....	210
Juan Carlos Vasco Delgado.....	210
Geovanny Francisco Ruiz Muñoz .....	210

## PRÓLOGO

Vivimos una época de transformaciones sin precedentes. La aceleración tecnológica, la crisis climática, la reconfiguración de los mercados laborales y la emergencia de nuevas formas de producir y distribuir el conocimiento plantean desafíos que ninguna disciplina aislada puede afrontar con suficiencia. En este contexto, la Universidad de Guayaquil asume su responsabilidad histórica como institución generadora de pensamiento crítico y comprometida con el desarrollo de la sociedad ecuatoriana y latinoamericana, al poner en circulación una obra colectiva que reúne las reflexiones de investigadores formados en la convicción de que el rigor científico y la pertinencia social no son valores en tensión, sino condiciones inseparables del quehacer académico contemporáneo.

El libro que el lector tiene en sus manos no es, en sentido estricto, un manual ni un compendio de certezas. Es, antes bien, una invitación al pensamiento plural. Su primer capítulo establece los cimientos filosóficos de toda la obra al abordar los fundamentos epistemológicos de la investigación multidisciplinaria: los paradigmas de Kuhn y Popper, la distinción entre multidisciplinaria, interdisciplinaria y transdisciplinaria, y la propuesta de los sistemas complejos de Rolando García y el pensamiento complejo de Edgar Morin y Basarab Nicolescu. Lejos de presentar estas tradiciones como doctrinas rivales, los autores las reconocen como voces complementarias de una conversación que todavía está en curso, y concluyen que la pluralidad epistemológica no es una debilidad del conocimiento científico, sino la condición más honesta ante una realidad que desborda toda frontera disciplinaria.

Desde esa base epistemológica, el segundo capítulo examina la innovación educativa y la transformación digital de los entornos de aprendizaje. Con rigor crítico, los autores advierten que la integración de tecnologías como la inteligencia artificial, la realidad aumentada y la gamificación solo produce aprendizajes significativos cuando está orientada por una intencionalidad pedagógica clara. Los modelos híbridos HyFlex, los marcos de competencia docente como el TPACK y el DigCompEdu, y las recomendaciones de la UNESCO de 2024 son analizados no como recetas a replicar, sino como horizontes a contextualizar. La brecha digital, entendida en sus dimensiones de

acceso, uso, calidad y género, emerge como el desafío estructural que ninguna estrategia de innovación puede ignorar si aspira a ser verdaderamente inclusiva.

El tercer capítulo amplía el horizonte hacia las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, examinando las perspectivas del desarrollo sostenible desde el legado del Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad (PLACT) hasta los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Los autores denuncian con precisión las asimetrías Norte-Sur en la gobernanza del conocimiento y reivindican la importancia de los saberes locales e indígenas como fuentes legítimas de comprensión del mundo. La conclusión es inequívoca: el potencial transformador de la ciencia y la tecnología solo puede realizarse plenamente si se abandona el determinismo tecnológico y se adopta una perspectiva crítica, participativa y culturalmente situada.

El cuarto capítulo está dedicado a las metodologías emergentes en la investigación científica y tecnológica. El modo 2 de producción del conocimiento, los métodos mixtos en sus distintos diseños, la ciencia de datos y el procesamiento del lenguaje natural, el Design Thinking y la Investigación Acción Participativa inspirada en Paulo Freire y Orlando Fals Borda conforman un repertorio que los autores presentan no como sustitutos de los enfoques clásicos, sino como ampliaciones de las posibilidades investigativas. La apertura metodológica, se argumenta, es una respuesta intelectualmente honesta a la complejidad de los problemas contemporáneos, que raramente se dejan aprehender desde un solo ángulo.

La inteligencia artificial y el análisis de datos aplicados a la educación y la ciencia son el objeto del quinto capítulo, uno de los más densos en evidencia empírica. Los casos de predicción del rendimiento académico mediante algoritmos de aprendizaje automático, el descubrimiento de estructuras proteicas por AlphaFold, la identificación de más de setenta mil especies virales mediante LucaProt, y la reducción a la mitad del tiempo de desarrollo de nuevos fármacos ilustran el potencial extraordinario de estas herramientas. Sin embargo, los autores no eluden los riesgos: los sesgos algorítmicos, las amenazas a la privacidad y los dilemas de integridad académica asociados a la IA generativa son tratados con la misma seriedad que los beneficios. La conclusión orienta

hacia una integración responsable que coloque la equidad, la transparencia y el desarrollo humano en el centro de toda decisión tecnológica.

El sexto capítulo aborda la sostenibilidad, la responsabilidad social y la ética en la innovación tecnológica con una claridad que merece destacarse: la ética no es un componente ornamental que se añade al final del proceso de innovación, sino una condición estructural de su legitimidad. La Triple Línea de Base de Elkington, la teoría de los grupos de interés de Freeman, los criterios ESG y el Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial de 2024 son analizados como instrumentos de una gobernanza que todavía está construyendo su arquitectura institucional. La economía circular aplicada a los residuos tecnológicos y el desarrollo de una IA verde capaz de reducir significativamente la huella de carbono de los sistemas digitales aparecen como respuestas concretas a la urgencia climática.

La gestión del conocimiento y los modelos de transferencia científica son analizados en el séptimo capítulo desde la distinción clásica entre conocimiento tácito y explícito y el modelo SECI de Nonaka y Takeuchi, hasta las configuraciones contemporáneas de la innovación abierta y los modelos de la Quíntuple Hélice que incorporan a la sociedad civil y al medio ambiente natural como actores del ecosistema innovador. Las oficinas de transferencia tecnológica, las empresas derivadas universitarias y el capital intelectual en sus dimensiones humana, estructural y relacional son abordados como expresiones institucionales de una convicción: que el conocimiento solo cumple su función social cuando circula, se transforma y se aplica en beneficio de las comunidades.

El octavo capítulo desciende al plano de las políticas públicas y la gobernanza de los ecosistemas de innovación. La evolución de los sistemas nacionales de innovación desde Freeman, Lundvall y Nelson, las tres generaciones de políticas de ciencia, tecnología e innovación, y las políticas orientadas por misiones propuestas por Mariana Mazzucato configuran un marco analítico que los autores aplican con lucidez al contexto latinoamericano. La inversión regional en investigación y desarrollo inferior al cinco por ciento del PIB, la fragmentación institucional y la débil articulación entre el sector productivo y el sistema universitario son diagnosticados como obstáculos

estructurales que ninguna política sectorial puede resolver de manera aislada. La gobernanza de la innovación, concluyen los autores, es un proyecto político colectivo, no un asunto técnico reservado a especialistas.

El noveno capítulo retoma y profundiza la cuestión de la interdisciplinariedad en los contextos globalizados de la colaboración académica. Las redes regionales como CYTED, OCSDNet y MetaDocencia, el movimiento de ciencia abierta y la alarmante cifra de que apenas el uno coma veintiséis por ciento de los estudiantes latinoamericanos de educación superior tiene experiencia de movilidad internacional iluminan las condiciones estructurales en que se producen -y se dificultan- las colaboraciones genuinamente interdisciplinarias. Los autores son categóricos: la interdisciplinariedad no puede reducirse a la coexistencia formal de especialistas de distintos campos; exige transformaciones profundas en los sistemas de evaluación académica, los mecanismos de financiamiento y las culturas institucionales que todavía premian la especialización sobre la síntesis.

El décimo y último capítulo cierra la obra con una mirada prospectiva hacia el año 2050. Los vectores de cambio son de una magnitud que impone humildad intelectual: trescientos ochenta millones de estudiantes de educación superior proyectados para 2030, un calentamiento global que amenaza con superar los dos coma siete grados centígrados, la automatización de ocupaciones enteras y la expansión de una brecha digital que afecta desproporcionadamente a las mujeres. Sin embargo, el tono del capítulo no es fatalista. Ninguna tendencia, recuerdan los autores, es un destino inevitable. La diferencia entre futuros equitativos y futuros de exclusión reside en las decisiones políticas que se tomen hoy: en la voluntad de extender los Objetivos de Desarrollo Sostenible más allá de 2030, de desarrollar una inteligencia artificial verde y accesible, de construir sistemas de microcredenciales que democratizen el aprendizaje permanente.

Leída en su conjunto, esta obra constituye una intervención académica coherente y urgente. Sus diez capítulos no son contribuciones yuxtapuestas: son movimientos de un mismo argumento que se va desplegando desde los fundamentos filosóficos hasta las perspectivas políticas. El hilo conductor es la convicción de que el conocimiento tiene una responsabilidad ante la realidad

social, y de que esa responsabilidad exige, al mismo tiempo, rigor metodológico, apertura epistemológica, conciencia crítica sobre las asimetrías del sistema científico global y compromiso ético con quienes más necesitan que la ciencia y la tecnología trabajen a su favor. En ese sentido, el libro no habla solo del presente de la educación, la ciencia y la tecnología: habla, sobre todo, del tipo de futuro que queremos y podemos construir.

Invitamos al lector, sea estudiante, docente, investigador, funcionario público o ciudadano interesado en los destinos del conocimiento, a recorrer estas páginas no en busca de respuestas definitivas, sino de preguntas bien planteadas y perspectivas ampliadas. En un mundo que cambia más rápido que las instituciones diseñadas para comprenderlo, la capacidad de formular mejores preguntas es, quizás, la competencia más valiosa que una obra académica puede cultivar. La Universidad de Guayaquil, a través de los autores de este libro, renueva su compromiso con ese horizonte.

**Los Autores**

*Universidad de Guayaquil*

2026

## INTRODUCCIÓN

En las primeras décadas del siglo XXI, la generación de conocimiento científico y la transformación de los sistemas educativos han experimentado cambios significativos impulsados por el avance tecnológico, la globalización del conocimiento y la creciente complejidad de los problemas sociales contemporáneos. Estos cambios han llevado a replantear los enfoques tradicionales de investigación y enseñanza, promoviendo perspectivas más integradoras que permitan comprender fenómenos complejos desde múltiples disciplinas. En este contexto, la investigación científica y la educación superior se convierten en pilares fundamentales para el desarrollo social, la innovación y la construcción de sociedades más sostenibles.

Los capítulos que conforman esta obra abordan diversas perspectivas relacionadas con los fundamentos epistemológicos de la investigación y su relación con los procesos de transformación educativa y tecnológica. En primer lugar, se reflexiona sobre la importancia de la multidisciplinariedad en la producción del conocimiento científico, destacando cómo la interacción entre diferentes campos del saber permite ampliar la comprensión de los fenómenos estudiados y generar soluciones más integrales a los desafíos contemporáneos. Este enfoque reconoce que los problemas actuales requieren metodologías flexibles y marcos teóricos capaces de integrar diferentes perspectivas científicas.

Asimismo, se analiza el impacto de la transformación digital en los procesos educativos y en la generación de conocimiento. Las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, el análisis de datos y las plataformas digitales de aprendizaje, están redefiniendo las dinámicas de enseñanza y aprendizaje, generando nuevas oportunidades para el acceso al conocimiento y la personalización educativa. Sin embargo, estos avances también plantean desafíos relacionados con la formación docente, la ética en el uso de la tecnología y la reducción de las brechas digitales.

De igual manera, se examinan las nuevas metodologías de investigación que han surgido en respuesta a la creciente complejidad de los fenómenos

sociales, científicos y tecnológicos. La integración de métodos mixtos, el uso de herramientas digitales para el análisis de grandes volúmenes de datos y la incorporación de enfoques participativos permiten ampliar las posibilidades de la investigación contemporánea y fortalecer su impacto en la sociedad.

Finalmente, la obra resalta la importancia de la colaboración académica, la interdisciplinariedad y la responsabilidad social de la investigación científica. En un mundo cada vez más interconectado, la construcción de conocimiento requiere redes de cooperación entre investigadores, instituciones y comunidades, así como un compromiso ético orientado al desarrollo sostenible y al bienestar colectivo.

En conjunto, los capítulos presentados ofrecen una reflexión integral sobre los desafíos y oportunidades que enfrenta la investigación y la educación en el contexto actual. A través del análisis de diferentes perspectivas teóricas, metodológicas y tecnológicas, esta obra busca contribuir al debate académico sobre el papel de la ciencia, la innovación y la educación en la construcción de un futuro más equitativo, inclusivo y sostenible.

# FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA EN EL SIGLO XXI

*Epistemological foundations of multidisciplinary research in the 21st Century*

## **Autores del Capítulo:**

**Geovanny Francisco Ruiz Muñoz <sup>1</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*geovanny.ruizm@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0001-7529-6342>*

**Betty Azucena Macas Padilla <sup>2</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*betty.macasp@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0006-2317-6086>*

**Juan Carlos Vasco Delgado <sup>3</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*juan.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0003-0587-9758>*

**Leonardo Jesús Vasco Delgado <sup>4</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*leonardo.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0001-1358-4899>*

**Luis Aníbal Vasco Delgado <sup>5</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*luis.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0002-3093-2493>*

## **Resumen**

La irrupción de fenómenos sociales, tecnológicos y ambientales de alta complejidad ha reconfigurado los modos en que la ciencia concibe, organiza y valida el conocimiento. Este capítulo examina los fundamentos epistemológicos que sostienen la investigación multidisciplinaria en el siglo XXI, a partir de un análisis crítico de las principales corrientes teóricas que han articulado la relación entre disciplinas, paradigmas y sistemas complejos. Se abordan, en primer lugar, las raíces filosóficas del problema, vinculadas a la transición de modelos positivistas hacia perspectivas constructivistas y sistémicas. En segundo lugar, se analiza la arquitectura conceptual de la multidisciplinaria, la interdisciplinaria y la transdisciplinaria como estadios diferenciados de integración epistémica, identificando sus condiciones de posibilidad, sus tensiones internas y sus alcances explicativos. Posteriormente, se examina el papel de los sistemas complejos como marco metodológico que justifica y exige la convergencia disciplinar, a partir del concepto de marco epistémico compartido. Finalmente, se reflexiona sobre las implicaciones de esta reconfiguración para la producción científica contemporánea, reconociendo que ningún modelo de integración resulta suficiente por sí solo ante la magnitud de los problemas del presente. Las conclusiones apuntan a que la pluralidad epistemológica, lejos de representar una debilidad conceptual, constituye la condición más honesta frente a una realidad que excede cualquier frontera disciplinaria.

**Palabras clave:** epistemología; investigación multidisciplinaria; interdisciplinaria; transdisciplinaria; sistemas complejos; paradigma científico; complejidad del conocimiento.

## **Abstract**

The emergence of high-complexity social, technological, and environmental phenomena has reshaped the ways in which science conceives, organizes, and validates knowledge. This chapter examines the epistemological foundations that underpin multidisciplinary research in the twenty-first century, drawing on a critical analysis of the principal theoretical traditions that have articulated the relationship among disciplines, paradigms, and complex systems. The chapter first addresses the philosophical roots of the problem, tracing the transition from positivist models toward constructivist and systemic perspectives. It then analyzes the conceptual architecture of multidisciplinary, interdisciplinarity, and transdisciplinarity as differentiated stages of epistemic integration, identifying their conditions of possibility, internal tensions, and explanatory scope. The role of complex systems as a methodological framework that both justifies and demands disciplinary convergence is subsequently examined through the concept of shared epistemic framework. Finally, the chapter reflects on the implications of this reconfiguration for contemporary scientific production, recognizing that no single model of integration proves sufficient in the face of the magnitude of present-day problems. The conclusions suggest that epistemological plurality, far from representing a conceptual weakness, constitutes the most intellectually honest stance toward a reality that exceeds any disciplinary boundary.

**Keywords:** epistemology; multidisciplinary research; interdisciplinarity; transdisciplinarity; complex systems; scientific paradigm; complexity of knowledge.

## I. Introducción

Pocas transformaciones han sacudido tan profundamente los cimientos del pensamiento científico como la que se consolidó en las últimas décadas del siglo XX y se intensificó durante los primeros años del XXI: la certeza de que los grandes problemas de la humanidad no caben dentro de ninguna disciplina. La contaminación de cuencas hidrográficas, la propagación de pandemias, la crisis climática, las desigualdades estructurales o la irrupción de la inteligencia artificial son fenómenos que desbordan simultáneamente los marcos de la biología, la economía, la sociología, la química, la ética y la política. Ningún especialista, por más riguroso que sea su entrenamiento disciplinar, puede dar cuenta de manera suficiente de estas realidades desde la perspectiva exclusiva de su campo. Esta constatación no es meramente pragmática; tiene consecuencias epistemológicas profundas que afectan la manera en que se concibe la validez del conocimiento, la legitimidad de los métodos y el estatuto mismo de la ciencia.

La epistemología, entendida como la disciplina filosófica que examina los fundamentos, alcances y límites del conocimiento científico, se encontró ante una situación inédita: sus categorías clásicas, forjadas en un modelo de ciencia ordenada por disciplinas bien delimitadas, comenzaron a resultar insuficientes para dar cuenta de prácticas investigativas que cruzaban fronteras, mezclaban lenguajes y operaban en zonas de intersección donde los métodos convencionales no alcanzaban. La situación exige, para su estudio y comprensión, un enfoque de investigación transdisciplinario, integrado y sistémico, que a su vez necesita bases epistemológicas acordes con su propia y especial naturaleza, pues vivimos una transformación radical del concepto de conocimiento y del concepto de ciencia (Martínez, 2009). Esta afirmación, que algunos podrían leer como retórica, en realidad describe con precisión la naturaleza del desafío teórico que enfrenta cualquier reflexión epistemológica contemporánea seria.

La organización del conocimiento en disciplinas especializadas no es un hecho de la naturaleza, sino el resultado de un proceso histórico que se consolidó durante el siglo XIX, aunque sus raíces se remontan a la distinción cartesiana entre sujeto y objeto del conocimiento y al impulso newtoniano de descomponer

los fenómenos en sus partes elementales para comprenderlos. Este modelo, fecundo en extremo para la ciencia moderna, produjo avances extraordinarios en medicina, física, química y biología. Sin embargo, también instituyó fronteras artificiales que comenzaron a convertirse en obstáculos cuando los objetos de estudio ya no eran partículas aisladas o reacciones controladas, sino sistemas donde todo interactúa con todo. Para Edgar Morin, la categoría disciplina tiene una función organizacional en el seno del conocimiento científico, pero las disciplinas se instituyen mediante la demarcación y división del trabajo, y desde allí responden a los dominios predeterminados por el paradigma dominante (Pedroza, 2006). Esta institucionalización de la separación produjo, en el largo plazo, el fenómeno que Morin denominó hiperespecialización: investigadores cada vez más competentes dentro de franjas cada vez más estrechas de la realidad, con creciente incapacidad para dialogar con quienes trabajan en franjas contiguas.

Thomas Kuhn contribuyó decisivamente a cuestionar la imagen acumulativa y lineal del progreso científico al introducir la noción de paradigma como estructura cognitiva compartida por una comunidad científica. Para Kuhn, la ciencia procede a través de períodos de ciencia normal, interrumpidos por crisis y revoluciones cuando el paradigma vigente acumula anomalías que ya no puede resolver (Briceño, 2009). Esta caracterización histórica del cambio científico tuvo una consecuencia epistemológica importante: evidenció que los criterios de racionalidad no son universales ni atemporales, sino que dependen de los consensos de una comunidad concreta. Karl Popper, desde una perspectiva distinta, defendió que la falsabilidad constituye el criterio demarcador entre ciencia y no-ciencia, y que el conocimiento científico avanza mediante la refutación permanente de hipótesis (Daros, 2007). La confrontación entre ambos reveló una tensión fundamental que atraviesa toda la epistemología del siglo XX: la tensión entre la lógica interna del conocimiento y su condicionamiento histórico-social.

Esta tensión adquirió nuevas dimensiones cuando investigadores de distintas tradiciones comenzaron a constatar que la complejidad de ciertos problemas no solo requería la colaboración entre especialistas, sino una reformulación de los supuestos ontológicos y metodológicos desde los cuales se construye el

conocimiento. Rolando García, cuya obra bebió directamente de la epistemología genética de Jean Piaget, formuló de manera rigurosa la tesis de que el estudio de sistemas complejos exige necesariamente la investigación interdisciplinaria, y que esta, a su vez, requiere que los miembros del equipo compartan un marco epistémico, entendido como una concepción compartida de la investigación científica y de sus relaciones con la sociedad (García, 2006).

Esta proposición no es solo metodológica; tiene alcances epistemológicos que obligan a repensar la naturaleza del conocimiento colectivo y las condiciones de su producción. Desde una vertiente diferente, Edgar Morin y Basarab Nicolescu desarrollaron propuestas que llevaron la reflexión más allá de la integración metodológica para situarla en el terreno de una nueva racionalidad. Mientras Morin elaboró el pensamiento complejo como estrategia de conocimiento transdisciplinar orientada a religar los saberes dispersos en disciplinas hiperespecializadas (Osorio, 2012), Nicolescu propuso la transdisciplinariedad como una revolución ontológica, epistemológica, metodológica y espiritual del conocimiento humano en el contexto de una realidad compleja y planetaria (Osorio, 2012). La diferencia entre ambas perspectivas no es menor: mientras García construyó una teoría de la investigación interdisciplinaria anclada en la epistemología de la ciencia empírica, Morin y Nicolescu apuntaron hacia una transformación más radical del paradigma dominante. Esta divergencia, más que invalidar alguna de las dos posiciones, refleja la riqueza y la complejidad del campo.

Frente a este panorama, resulta pertinente preguntarse qué caracteriza epistemológicamente la investigación multidisciplinaria del siglo XXI: ¿es simplemente la suma de saberes disciplinares, o implica una transformación cualitativa de los modos de conocer? ¿Cuál es la diferencia entre cooperar desde disciplinas distintas y construir conjuntamente un objeto de conocimiento? ¿Puede existir integración epistémica real sin una transformación de los fundamentos ontológicos y metodológicos de las disciplinas involucradas? Estas preguntas no tienen respuestas únicas, pero su exploración sistemática permite cartografiar el territorio conceptual desde el que la ciencia contemporánea construye sus respuestas más ambiciosas a los desafíos de un mundo en profunda transformación. Las categorías que se despliegan a lo largo de este

capítulo, desde los paradigmas y sus crisis hasta los sistemas complejos y la transdisciplinariedad, no son meros conceptos académicos: son instrumentos para pensar la condición epistémica de la investigación científica en nuestro tiempo.

## **II. Desarrollo**

### **2.1 La herencia paradigmática: entre la crisis y la renovación epistemológica**

Toda reflexión sobre los fundamentos de la investigación multidisciplinaria debe comenzar por reconocer el peso de la herencia paradigmática que la ciencia moderna arrastra. El paradigma clásico de la ciencia, consolidado entre los siglos XVII y XIX, descansaba sobre tres principios que Nicolescu identificó con precisión: la existencia de un solo nivel de realidad gobernado por leyes universales, la lógica del tercero excluido como criterio de racionalidad, y el determinismo como principio de causalidad (Sarquís y Buganza, 2009, citados en Castro y González, 2019). Este triángulo conceptual definió durante siglos lo que podía ser considerado conocimiento legítimo, relegando al margen cualquier forma de saber que no se ajustara a sus exigencias. La consecuencia más visible fue la fragmentación progresiva del conocimiento en disciplinas cada vez más especializadas, separadas entre sí por lenguajes técnicos incompatibles y por criterios metodológicos que no admitían traducción.

La primera ruptura significativa en este edificio llegó de la mano de Thomas Kuhn, cuya obra *La estructura de las revoluciones científicas* introdujo la idea de que el desarrollo científico no es lineal ni acumulativo, sino que procede mediante saltos cualitativos que reconfiguran por completo el modo de ver e interpretar la realidad. Para Kuhn, un paradigma es lo que los miembros de una comunidad científica comparten y, recíprocamente, una comunidad científica consiste en personas que comparten un paradigma (Sequeiros, 2022). Esta definición circular, que en su momento fue criticada como tautológica, encierra en realidad una intuición profunda: que la legitimidad del conocimiento científico no es solo lógica, sino fundamentalmente social e histórica. Las anomalías que el paradigma vigente no puede resolver no son simplemente errores o

excepciones; son síntomas de que los marcos conceptuales han llegado a su límite y que la comunidad científica se encuentra ante la necesidad de una revolución científica (Briceño, 2009).

Karl Popper, en cambio, ofreció una respuesta diferente al problema de la demarcación científica. Para él, la falsabilidad, es decir, la posibilidad lógica de que un enunciado sea refutado por la experiencia, constituye el criterio que distingue la ciencia de la metafísica. Daros (2007) analizó con precisión cómo Popper reconoció que el origen social de la autoridad del científico o de un grupo científico no hace, sin más, que un conocimiento tenga valor científico; se requiere además ejercer la lógica para intentar refutarlo. Esta posición revela una tensión irresuelta en el pensamiento popperiano: reconoce el condicionamiento social del conocimiento pero se niega a que ese condicionamiento sea condición suficiente para su validación, reservando ese papel a la lógica de la refutación. García Jiménez (2008) señaló que la controversia entre Popper y Kuhn, lejos de clausurarse, abrió el debate epistemológico que dominó la segunda mitad del siglo XX, evidenciando que ni la lógica ni el consenso social, por separado, son suficientes para dar cuenta de la dinámica real del conocimiento científico.

Lo que esta disputa dejó en evidencia fue algo que la investigación multidisciplinaria haría más visible aún: los paradigmas no son solo marcos teóricos neutros, son estructuras que organizan la percepción de los problemas, determinan qué preguntas son legítimas y cuáles no, y establecen jerarquías entre los saberes. Cuando disciplinas distintas colaboran en torno a un objeto común, no solo suman metodologías; entran inevitablemente en contacto paradigmas que han sido construidos sobre supuestos ontológicos y epistemológicos muchas veces incompatibles. La inconmensurabilidad que Kuhn identificó entre paradigmas sucesivos se reproduce, en escala menor pero igualmente real, en los espacios de encuentro interdisciplinar. Los investigadores deben, por tanto, desarrollar una meta-reflexión sobre sus propios marcos conceptuales que va mucho más allá de lo que cualquier disciplina, considerada por separado, les exige habitualmente.

Martínez (2009) ubicó esta exigencia en el centro de una renovación epistemológica más amplia: la necesidad de una revisión profunda de los marcos

conceptuales, teorías y métodos de la filosofía de la ciencia, y de aclarar los fundamentos y la naturaleza de los procesos mentales psicológicos que están implícitos en ella. Esta afirmación apunta a algo que las epistemologías clásicas tendieron a ignorar: que el conocimiento no es solo producto de operaciones lógicas, sino de procesos cognitivos que operan en contextos sociales, culturales e institucionales específicos. Reconocer esto no implica caer en el relativismo que tanto temía Popper; implica, más bien, asumir que la objetividad del conocimiento científico es una conquista que se logra a través del diálogo crítico entre perspectivas, no a pesar de él. Esta revalorización del diálogo como condición epistémica constituye el punto de partida indispensable para pensar la multidisciplinariedad como algo cualitativamente distinto a la mera yuxtaposición de especialidades.

**Tabla 1**

*Comparación de posturas epistemológicas fundacionales en la filosofía de la ciencia contemporánea*

<b>Dimensión</b>	<b>Popper (falsacionismo)</b>	<b>Kuhn (paradigmas)</b>	<b>García / Morin (complejidad)</b>
<i>Criterio de validez</i>	Falsabilidad lógica y refutabilidad empírica	Consenso de la comunidad científica dentro del paradigma vigente	Marco epistémico compartido y coherencia sistémica
<i>Naturaleza del progreso</i>	Acumulación crítica mediante refutaciones sucesivas	Rupturas revolucionarias e inconmensurabilidad entre paradigmas	Reorganización de la totalidad organizada a través de la interdisciplina
<i>Rol del investigador</i>	Sujeto lógico que falsifica hipótesis de manera individual	Miembro de una comunidad que comparte un paradigma	Integrante de un equipo interdisciplinario con marco epistémico común
<i>Límites del modelo</i>	Subestima el contexto social e histórico del conocimiento	El cambio de paradigma tiene componentes irracionales no resueltos	Exige niveles de colaboración y reflexividad difíciles de institucionalizar
<i>Referencia central</i>	Daros (2007); García Jiménez (2008)	Briceño (2009); Humpiri et al. (2021)	García (2006); Martínez (2009)

Nota. La tabla sintetiza las principales diferencias entre tres posturas epistemológicas que han definido el debate sobre los fundamentos de la investigación científica en el siglo XX y XXI. Las referencias corresponden a las fuentes analizadas en el presente capítulo. Elaboración propia.

La tabla anterior permite reconocer que las tres tradiciones epistemológicas analizadas no son simplemente divergentes, sino que responden a preguntas distintas sobre el conocimiento científico. Popper se preguntó cómo demarcarlo; Kuhn, cómo explicar su transformación histórica; García y Morin, cómo producirlo

ante fenómenos que exceden la capacidad de cualquier disciplina aislada. Esta progresión no es teleológica, es decir, no implica que las posiciones más recientes sean superiores a las anteriores; revela, más bien, que cada reformulación epistemológica surge en respuesta a los límites que la práctica científica concreta va exhibiendo. La multidisciplinariedad del siglo XXI hereda todas estas tensiones y debe operar, con frecuencia sin resolver, dentro de ese campo de fuerzas.

## **2.2 Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad: arquitectura de una distinción necesaria**

Una de las confusiones más frecuentes en los debates sobre la integración del conocimiento es la equiparación entre términos que, aunque emparentados, designan realidades epistemológicas muy distintas. Hablar de multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad como si fueran sinónimos o grados de una misma escala impide comprender las diferencias cualitativas que existen entre cada uno de estos modos de relación entre disciplinas. La distinción no es solo semántica; afecta directamente la manera en que se diseñan los proyectos de investigación, se forman los equipos científicos, se evalúan los resultados y se construyen los marcos teóricos. Por tanto, antes de avanzar hacia los fundamentos epistemológicos que cada uno de estos enfoques supone, es necesario precisar en qué consiste cada uno y cuáles son sus condiciones de posibilidad.

La multidisciplinariedad representa el nivel más básico de colaboración entre disciplinas. En este enfoque, varias disciplinas abordan un mismo problema desde sus respectivos marcos teóricos y metodológicos, sin que se produzca una integración sustantiva entre ellas. Las contribuciones permanecen en silos separados, y el conocimiento producido es, en el mejor de los casos, complementario pero no sintético. Como señala Venegas-Thayer (2023), el enfoque multidisciplinario excede los límites disciplinarios, pero su objetivo sigue siendo limitado al marco de la investigación disciplinaria, ya que las disciplinas cooperan de forma mutua y acumulativa pero no interactiva. Esta limitación no es menor: sin interacción entre los marcos conceptuales, las categorías de cada

disciplina permanecen intactas, y el resultado tiende a ser una colección de perspectivas yuxtapuestas más que un conocimiento integrado.

La interdisciplinariedad representa un avance cualitativo respecto de este nivel básico de colaboración. Aquí no se trata solo de que varias disciplinas contribuyan sus perspectivas a un problema común, sino de que se produzca un diálogo real entre ellas: una transferencia de métodos, conceptos y marcos teóricos que genera sinergias cognitivas imposibles de alcanzar desde una sola disciplina. Muñoz Morales (2023) retomó la tradición de Rolando García para precisar que la investigación interdisciplinaria de un sistema complejo exige, al mismo tiempo, conocimientos especializados y la disposición a articular esos conocimientos dentro de un marco epistémico compartido por el equipo. Esta condición es exigente: implica que los investigadores no solo deben dominar su propia disciplina, sino también desarrollar la capacidad de traducir sus categorías al lenguaje de sus interlocutores y de reconocer las limitaciones de sus propios marcos conceptuales cuando se enfrentan a la densidad del objeto de estudio.

Olmos de Montañez (2023) precisó que la fundamentación epistemológica de la interdisciplinariedad convoca a asumir profundos cambios que se manifiestan en el conocer, el conocimiento, la ciencia, la lógica de la ciencia, la visión sistémica y el postulado de complementar. Esta enumeración no es casual: cada uno de esos dominios corresponde a un nivel del edificio conceptual sobre el que descansa la práctica científica. Modificar la visión sistémica implica pasar de una lógica lineal y causal a una lógica de redes e interacciones recíprocas; asumir la complementariedad implica renunciar al principio de que una sola perspectiva puede capturar la totalidad del objeto. Estas no son simples correcciones metodológicas; representan una transformación de los supuestos ontológicos desde los que se concibe qué es la realidad que se estudia.

La transdisciplinariedad, en cambio, va más allá de la integración metodológica para proponer una transformación del estatuto mismo del conocimiento. Para Nicolescu, la transdisciplinariedad es radicalmente distinta a la pluridisciplinariedad y a la interdisciplinariedad porque no se limita a articular disciplinas existentes, sino que procura ir entre, a través y más allá de ellas (Castro y González, 2019). Esta formulación introduce una distinción crucial

entre niveles de realidad: mientras la interdisciplinariedad opera dentro de un mismo nivel ontológico, la transdisciplinariedad reconoce que ciertos fenómenos se manifiestan simultáneamente en diferentes niveles de realidad que no pueden ser captados desde ningún nivel por separado. La lógica del tercero incluido, que Nicolaeescu tomó de la física cuántica y desarrolló como principio epistemológico general, establece que existen estados T que son al mismo tiempo A y no-A, rompiendo así con el principio aristotélico del tercero excluido que había organizado la lógica occidental durante siglos (Osorio, 2012).

Morin, desde el pensamiento complejo, llegó a conclusiones convergentes por una vía diferente. Para él, transdisciplina y complejidad están estrechamente unidas como formas de pensamiento relacional, y como interpretaciones del conocimiento desde la perspectiva de la vida humana y el compromiso social (Morin y Nicolaeescu, citados en Pedroza, 2006). Esta vinculación entre el conocimiento y el compromiso social es significativa: introduce una dimensión ética en el corazón de la epistemología, sugiriendo que la manera en que se organiza el conocimiento no es indiferente a los valores y a las relaciones de poder que estructuran la sociedad. La Escuela de Frankfurt, en esta misma línea, argumentó que la racionalidad instrumental de la ciencia moderna, aquella que se limita a encontrar los medios más eficientes para fines preestablecidos sin cuestionarlos, reproduce lógicas de dominación que una racionalidad crítica debería interrogar (WikiFilosofía, 2025).

La distinción entre estos tres niveles de integración epistémica tiene implicaciones directas para el diseño de investigaciones y para la formación de investigadores. Un proyecto que declara ser interdisciplinar pero que en la práctica opera como multidisciplinar, con especialistas que trabajan en paralelo sin dialogar realmente, no logra la integración que se propone y produce resultados más fragmentados de lo que sus intenciones sugieren. Reconocer con honestidad en qué nivel opera efectivamente una investigación es una condición de rigor científico que la literatura especializada ha empezado a exigir con mayor firmeza.

### **2.3 Los sistemas complejos como fundamento metodológico de la integración disciplinar**

La teoría de los sistemas complejos ofrece el andamiaje metodológico más riguroso hasta ahora disponible para fundamentar la investigación interdisciplinaria desde bases epistemológicas sólidas. No se trata simplemente de un marco teórico más entre otros; su potencia reside en que articula, de manera coherente, una ontología de la realidad compleja con una metodología para estudiarla y con una epistemología que justifica por qué ninguna disciplina por separado puede capturar esa realidad de manera adecuada. La obra de Rolando García, en particular su libro *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*, publicado en 2006, representa la sistematización más exigente de esta articulación en el ámbito hispanohablante.

García partió de una distinción fundamental que Piaget había introducido en su epistemología genética: los dominios material, conceptual, epistemológico interno y epistemológico derivado de cada disciplina científica (Becerra y Castorina, 2017). Sobre esta distinción construyó su cuarto postulado, central para toda la arquitectura de la teoría: la complejidad de un sistema está particularmente ligada a que los elementos y procesos que lo constituyen pertenecen al dominio material de distintas disciplinas (Rodríguez Zoya, 2018). Este postulado tiene una consecuencia metodológica inmediata: si la complejidad de un sistema reside en la heterogeneidad disciplinar de sus componentes, entonces su estudio adecuado requiere necesariamente la convergencia de especialistas de las disciplinas pertinentes, pero no como suma aditiva de sus conocimientos sino como integración efectiva dentro de un marco epistémico común.

La noción de marco epistémico es, en esta teoría, una de las más exigentes y también de las más debatidas. García (2006) lo definió como una concepción compartida de la investigación científica y de sus relaciones con la sociedad, que condiciona el tipo de teorizaciones que van surgiendo en los distintos campos del conocimiento (Becerra y Castorina, 2017). Esta definición introduce una tensión productiva: si el marco epistémico es raramente explicitado y opera de

manera implícita en las concepciones de los investigadores, ¿cómo puede construirse uno compartido entre personas que provienen de tradiciones disciplinares distintas? Rodríguez Zoya (2018) identificó esta como una de las cuestiones metodológicamente cruciales para la factibilidad práctica de la teoría de los sistemas complejos, sugiriendo que su resolución requiere tanto un esfuerzo de explicitación reflexiva por parte de los investigadores como el desarrollo de instrumentos metodológicos específicos para operacionalizar el concepto.

La teoría general de sistemas, formulada por Ludwig von Bertalanffy (1976), constituyó un antecedente indispensable para estos desarrollos. Al proponer que ciertos principios son aplicables a sistemas de cualquier naturaleza, independientemente de sus constituyentes particulares, Bertalanffy abrió la posibilidad de un lenguaje transversal que permitiera la comunicación entre disciplinas sin diluir las especificidades de cada una (Muñoz Morales, 2023). Sin embargo, la teoría de sistemas complejos de García se distancia significativamente de este antecedente al rechazar los enfoques sistémicos basados en la suma de conocimientos disciplinares, proponiendo en cambio una integración que emerge del estudio del sistema como totalidad organizada, donde el todo posee propiedades que no son reducibles a las propiedades de sus partes.

La interdisciplina, en este marco, no es una cualidad del investigador individual sino del equipo. Este principio tiene implicaciones institucionales y pedagógicas que con frecuencia se subestiman. En las universidades, la investigación interdisciplinaria enfrenta obstáculos estructurales profundos: las unidades académicas se organizan por disciplinas, los fondos de investigación se asignan por áreas del conocimiento, la evaluación del rendimiento académico privilegia la producción disciplinar, y la formación doctoral reproduce la lógica de la especialización. La interdisciplinariedad se consolida en diversos países de América Latina como área de investigación y de educación superior, sin dejar de ser también una actitud, un ideal intelectual y una estrategia epistemológica e institucional promisorio y exigente (Torralba, 2023). Este doble carácter, como ideal y como práctica, explica por qué su institucionalización avanza de manera desigual y a menudo contradictoria.

La neurociencia educativa constituye un ejemplo paradigmático de las tensiones que emergen cuando dos tradiciones disciplinares intentan converger sin haber resuelto previamente sus diferencias epistemológicas fundamentales. Battro et al. (citados en Campos, 2018) señalaron que las causas de la disparidad en los intentos de convergencia entre la neurociencia y la educación pueden rastrearse a la indefinición terminológica y a la ambigüedad epistemológica presente en cada una de las nomenclaturas vigentes. Esta observación revela algo que la teoría de García permitiría anticipar: la integración disciplinar no puede sustituir el trabajo previo de clarificación conceptual dentro de cada disciplina, y tampoco puede prescindir de un esfuerzo explícito de construcción del objeto de estudio compartido. Sin ese doble trabajo, la interdisciplinariedad se convierte en lo que algunos críticos han llamado una interdisciplinariedad aparente: una retórica de la integración que en la práctica no supera la yuxtaposición.

**Tabla 2**

*Tensiones epistemológicas en la investigación multidisciplinaria del siglo XXI: enfoques, supuestos y desafíos*

Eje de tensión	Postura A	Postura B	Implicación epistemológica
<i>Integración especializada vs. especialización</i>	La interdisciplina exige especialistas competentes en sus propias disciplinas (García, 2006)	La integración puede diluir los conocimientos específicos de cada disciplina	Sin especialización sólida, no hay base disciplinar para construir la interdisciplina
<i>Metodología única vs. pluralismo metodológico</i>	La ciencia requiere criterios universales de validación (Popper, citado en Daros, 2007)	Diferentes objetos de conocimiento requieren diferentes métodos (Martínez, 2009)	El pluralismo metodológico no implica relativismo si existe rigor en cada aproximación
<i>Interdisciplina vs. transdisciplina</i>	La interdisciplina preserva las disciplinas mientras las articula (Muñoz Morales, 2023)	La transdisciplina trasciende los límites disciplinares para acceder a nuevos niveles de realidad (Nicolescu, citado en Castro y González, 2019)	Ambos enfoques son legítimos pero responden a diferentes tipos de problemas y preguntas
<i>Marco epistémico como condición vs. como resultado</i>	El marco epistémico compartido es una condición previa para la investigación interdisciplinar (García, 2006)	El marco epistémico se construye progresivamente durante el proceso de investigación (Rodríguez Zoya, 2018)	La construcción del marco epistémico es un proceso reflexivo que ocurre antes y durante la investigación
<i>Conocimiento científico vs. saberes no académicos</i>	La transdisciplinariedad incluye actores	La incorporación de saberes disciplinares no puede	La validez del conocimiento transdisciplinar requiere

sociales académicos producción de conocimiento (Osorio, 2012)	no comprometer el rigor científico de	critérios propios distintos a los estrictamente disciplinares
---	---------------------------------------	---

---

Nota. La tabla sistematiza las principales tensiones epistemológicas identificadas en la literatura revisada sobre investigación multidisciplinaria. Cada eje de tensión refleja debates activos en el campo, cuya resolución determina en gran medida el diseño de investigaciones y la formación de investigadores. Elaboración propia a partir de García (2006), Daros (2007), Martínez (2009), Muñoz Morales (2023), Osorio (2012), Rodríguez Zoya (2018) y Castro y González (2019).

Las tensiones recogidas en la tabla anterior no son inconsistencias que deban eliminarse para producir una teoría coherente; son el reflejo fidedigno de las contradicciones reales que enfrenta la investigación multidisciplinaria cuando se practica con honestidad intelectual. Reconocerlas como tales, en lugar de disolverlas artificialmente mediante formulas retóricas de integración, constituye un requisito de madurez epistemológica. El diálogo productivo entre estas posiciones es lo que hace posible un avance genuino en la comprensión de cómo se produce y valida el conocimiento cuando múltiples disciplinas convergen sobre un mismo objeto.

#### **2.4 Epistemología y complejidad: hacia una nueva racionalidad científica**

La propuesta de una nueva racionalidad científica, que varias corrientes del pensamiento contemporáneo han formulado con distintos énfasis, no es una ruptura caprichosa con la tradición, sino la respuesta intelectualmente honesta a los límites que esa tradición exhibe cuando se confronta con la densidad y la irreductibilidad de los fenómenos complejos. Tanto Morin como Nicolescu, desde perspectivas complementarias aunque no idénticas, coincidieron en que el paradigma de la simplificación, aquel que opera mediante la reducción y la separación de los fenómenos en sus componentes elementales, resulta insuficiente para capturar las dimensiones más relevantes de la realidad contemporánea. La complejidad no es solo una característica de ciertos objetos de estudio; es, antes que eso, una perspectiva epistemológica desde la que se concibe la relación entre el sujeto que conoce y la realidad que estudia.

Osorio (2012) trazó con cuidado las diferencias entre el pensamiento complejo de Morin y el conocimiento transdisciplinar de Nicolescu, señalando que ambas

propuestas comparten la intuición de que la racionalidad clásica de la ciencia es necesaria y válida pero insuficiente para comprender la realidad en los tiempos actuales. Para Morin, lo que se requiere es un nuevo paradigma de racionalidad que permita pensar la unidad del conocimiento fragmentado en disciplinas, relacionado con la supervivencia de la especie humana en una época planetaria (Osorio, 2012). Esta formulación liga explícitamente la epistemología con la ética y la política: la manera en que organizamos el conocimiento tiene consecuencias directas sobre la manera en que organizamos la vida social y sobre la capacidad de la humanidad para enfrentar sus desafíos más urgentes. No se trata solo de un programa académico; es una propuesta de transformación civilizatoria.

Nicolescu, por su parte, introdujo la noción de niveles de realidad como pieza central de su epistemología transdisciplinar. La idea es que la realidad no es homogénea: existen niveles de organización que son irreducibles entre sí y que obedecen a lógicas distintas. El nivel de la mecánica clásica y el nivel de la mecánica cuántica, por ejemplo, no solo difieren en escala; difieren en sus principios constitutivos. Esta intuición, derivada de la física teórica, tiene una implicación epistemológica general: si la realidad posee múltiples niveles irreducibles, ninguna disciplina puede aspirar a capturarla en su totalidad, y el conocimiento transdisciplinar, que opera entre, a través y más allá de las disciplinas, es la única respuesta epistémica adecuada a esta situación (Castro y González, 2019).

La epistemología de la complejidad, tal como la caracterizó Martínez (2009) en su revisión de las bases epistemológicas contemporáneas, exige también una reconsideración profunda del papel del sujeto en la producción del conocimiento. El modelo positivista clásico operó sobre la suposición de que era posible, y deseable, eliminar o reducir al máximo la influencia del sujeto sobre el objeto de estudio, garantizando así la objetividad del conocimiento. Esta suposición se reveló insostenible tanto desde la física cuántica, donde la medición afecta inevitablemente al fenómeno medido, como desde las ciencias sociales, donde el investigador es parte constitutiva del contexto que estudia. La complejidad convierte esta situación de unavoidable subjectivity en una condición de posibilidad del conocimiento más rico, no en un defecto a corregir.

González Casanova (citado en Wallerstein, 2022, según aparece en el corpus revisado) señaló que la interdisciplinariedad en sentido riguroso no solo se da en toda su plenitud cuando se identifica con los sistemas complejos, sino cuando en el análisis del todo organizado y desorganizado se incluyen las relaciones de explotación y exclusión. Esta formulación introduce una dimensión crítica que los enfoques puramente metodológicos tienden a omitir: la producción del conocimiento no ocurre en un vacío político, sino en estructuras sociales que distribuyen de manera desigual el acceso a los recursos, a las instituciones y a las plataformas de publicación. Una epistemología de la investigación multidisciplinaria que ignore esta dimensión produce, en el mejor de los casos, una visión incompleta; en el peor, una visión que reproduce acríticamente las jerarquías del sistema que pretende estudiar.

La reflexión epistemológica sobre la complejidad en América Latina ha seguido caminos propios que merecen ser reconocidos en su especificidad. La tradición iniciada por Rolando García en colaboración con Jean Piaget en el Centro Internacional de Epistemología Genética se desarrolló posteriormente en México y se extendió a otros países latinoamericanos, generando una corriente de pensamiento que articula la epistemología con la investigación sobre problemas sociales y ambientales concretos (Muñoz Morales, 2023). Esta articulación entre teoría epistemológica y problemas reales de investigación distingue a la tradición latinoamericana de los desarrollos europeos, que tienden a permanecer más en el plano de la reflexión filosófica abstracta. La convergencia entre ambas tradiciones, lejos de producir una síntesis prematura, constituye un campo de diálogo fértil que el siglo XXI apenas ha comenzado a explorar.

## **2.5 Implicaciones para la formación y la práctica investigativa contemporánea**

Las transformaciones epistemológicas analizadas en las secciones anteriores no permanecen confinadas al ámbito de la filosofía de la ciencia; tienen consecuencias directas y verificables sobre la manera en que se forman los investigadores, se diseñan los programas de estudio, se organizan los equipos de trabajo y se evalúan los resultados de la investigación. La distancia entre los principios epistemológicos que la literatura académica propone y las prácticas

institucionales que prevalecen en la mayoría de las universidades constituye uno de los problemas más urgentes y menos resueltos del campo. Esta distancia no es solo un problema de implementación técnica; refleja tensiones profundas entre diferentes visiones de lo que es la ciencia, de quién tiene derecho a producirla y de para qué debe servir.

Olmos de Montañez (2023) fue directa al identificar que la situación actual de la formación docente, que puede extenderse a la formación investigativa en general, evidencia un currículo caracterizado por la fragmentación del conocimiento, disciplinas desintegradas, separación entre teoría y práctica, y ausencia de articulación entre los saberes disciplinares y pedagógicos. Este diagnóstico no difiere sustancialmente de lo que García (2006) observó en los equipos de investigación interdisciplinar: la especialización disciplinar, cuando se convierte en el único criterio de formación y de evaluación, produce investigadores incapaces de dialogar con sus pares de otras disciplinas y de construir los marcos epistémicos compartidos que la investigación sobre sistemas complejos requiere.

La formación de investigadores capaces de operar en entornos multidisciplinares requiere, al menos, tres tipos de competencias que los currículos tradicionales no suelen proporcionar de manera sistemática. La primera es la competencia epistemológica, entendida como la capacidad de reflexionar críticamente sobre los supuestos ontológicos y metodológicos de la propia disciplina y de reconocer sus límites. La segunda es la competencia comunicativa interdisciplinar, es decir, la capacidad de traducir categorías conceptuales entre lenguajes disciplinares distintos sin traicionar el sentido de ninguno. La tercera es la competencia colaborativa, que va más allá de la simple disposición a trabajar en equipo e implica la capacidad de construir objetos de conocimiento compartidos con investigadores de otras tradiciones. Venegas-Thayer (2023) señaló que la integración interdisciplinaria es posible, como evidencian múltiples investigaciones empíricas, pero que su análisis debe tomar en cuenta la dinámica social entre los participantes y los procesos cognitivos de cada uno.

La investigación multidisciplinaria plantea también desafíos específicos para las instituciones universitarias que van más allá de la formación individual. Los

sistemas de evaluación académica, basados típicamente en indicadores disciplinares como el número de publicaciones en revistas especializadas dentro de un campo, desincentivan la producción de conocimiento en las zonas de frontera donde la colaboración interdisciplinar suele ser más fecunda pero también más difícil de clasificar. Los fondos de investigación, cuando se asignan por grandes áreas del conocimiento sin mecanismos para financiar proyectos verdaderamente integrados, reproducen las mismas fronteras disciplinares que la investigación sobre sistemas complejos busca superar. La interdisciplinariedad, en este sentido, no es solo un desafío epistemológico; es también un desafío institucional y político.

La perspectiva crítica que González Casanova incorporó al análisis de la interdisciplinariedad tiene aquí una aplicación directa. Si la producción del conocimiento ocurre dentro de estructuras de poder que determinan qué problemas merecen ser investigados, qué metodologías son consideradas legítimas y qué resultados son difundidos, entonces una epistemología de la investigación multidisciplinaria genuinamente crítica debe incluir una reflexión sobre esas estructuras. La tendencia de los sistemas académicos globales a concentrar la producción del conocimiento en unas pocas instituciones del Norte Global, con el consiguiente desplazamiento de las agendas de investigación hacia los problemas de esas geografías, constituye un obstáculo estructural para el desarrollo de una investigación multidisciplinaria que responda a las realidades y los problemas de otros contextos.

Finalmente, cabe señalar que la investigación multidisciplinaria del siglo XXI enfrenta una paradoja que las herramientas epistemológicas disponibles apenas han comenzado a abordar: la complejidad de los problemas contemporáneos exige niveles de integración disciplinar sin precedentes, pero los mecanismos institucionales, pedagógicos y evaluativos que harían posible esa integración siguen organizados sobre principios disciplinares que la resistencia al cambio mantiene en su lugar. La resolución de esta paradoja no es meramente académica; condiciona la capacidad de la ciencia para contribuir de manera efectiva a la comprensión y a la transformación de las realidades más urgentes del presente.

### III. Conclusiones

El recorrido realizado a través de los fundamentos epistemológicos de la investigación multidisciplinaria permitió identificar una trama conceptual de considerable densidad, tejida entre tradiciones filosóficas, propuestas metodológicas y reflexiones críticas que no siempre apuntaron en la misma dirección pero que, en su conjunto, delinearon un campo de problemas cuya relevancia para la ciencia contemporánea resultó innegable. La disputa entre Popper y Kuhn, analizada no como curiosidad histórica sino como tensión activa en el pensamiento epistemológico, reveló que los criterios de validez del conocimiento científico son inseparables de los contextos sociales e históricos en que ese conocimiento se produce, y que la racionalidad científica no puede ser reducida ni a la lógica formal ni al consenso comunitario, sino que requiere de ambos en una relación no siempre equilibrada.

La distinción entre multidisciplinaria, interdisciplinaria y transdisciplinaria estableció las diferencias cualitativas que separan tres modos radicalmente distintos de concebir la relación entre disciplinas. La multidisciplinaria preserva las fronteras disciplinares mientras las hace colaborar; la interdisciplinaria las pone en diálogo efectivo, exigiendo marcos epistémicos compartidos y una integración metodológica real; la transdisciplinaria las trasciende para operar en una zona donde las categorías disciplinares convencionales resultan insuficientes. Lo que sí quedó claro es que la confusión entre ellos produce proyectos de investigación que prometen más de lo que pueden cumplir y que, con frecuencia, reproducen bajo la retórica de la integración las mismas lógicas disciplinares que pretenden superar.

La teoría de los sistemas complejos, tal como fue desarrollada por Rolando García sobre las bases de la epistemología genética de Piaget, ofreció el marco metodológico más riguroso para justificar la necesidad de la investigación interdisciplinaria desde criterios epistemológicos sólidos. El concepto de marco epistémico compartido se reveló como una de las contribuciones más exigentes y también más fecundas de esta tradición, precisamente porque obliga a los investigadores a hacer explícitos los supuestos que normalmente permanecen

implícitos en las prácticas de sus disciplinas. Esta explicitación no es un ejercicio burocrático; es una condición de posibilidad del diálogo genuino entre disciplinas que, de otro modo, hablan de sus objetos sin llegar a construir juntas un objeto verdaderamente compartido.

La propuesta de una nueva racionalidad científica, articulada desde el pensamiento complejo de Morin y el conocimiento transdisciplinar de Nicolescu, amplió el horizonte de la reflexión epistemológica más allá de los límites metodológicos para situarla en el terreno de una transformación de las estructuras cognitivas, ontológicas y, en última instancia, éticas desde las que la ciencia concibe su relación con la realidad y con la sociedad. Esta ampliación del campo epistemológico no es una dilución de los criterios de rigor; es, por el contrario, una exigencia mayor, que demanda del investigador tanto competencia disciplinar como reflexividad epistemológica y conciencia de los condicionamientos institucionales y políticos en que opera.

En conjunto, el análisis desarrollado a lo largo de este capítulo confirmó que los fundamentos epistemológicos de la investigación multidisciplinaria no son un territorio consolidado y pacífico, sino un campo en construcción activa, marcado por debates irreducibles, tensiones productivas y propuestas que se desafían mutuamente. Esta condición no es una debilidad; es la señal de que el campo está vivo y de que las preguntas que lo animan son suficientemente profundas como para resistir respuestas definitivas. La pluralidad epistemológica que lo caracteriza, si se practica con rigor y sin renunciar a la exigencia de coherencia, constituye la condición más honesta para enfrentar una realidad que ninguna disciplina por sí sola alcanza a comprender en toda su densidad.

## Referencias bibliográficas

- Becerra, G., y Castorina, J. A. (2017). Complejidad, interdisciplina y política en la teoría de los sistemas complejos, de Rolando García. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 51(1), 1-25.
- Briceño, T. (2009). El paradigma científico y su fundamento en la obra de Thomas Kuhn. *Tiempo y Espacio*, 19(52), 285-297.
- Castro, A., y González, S. (2019). La transdisciplinariedad: de los postulados de Nicolescu al pensamiento complejo de Morin y su repercusión en el ámbito educativo. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 14(2), 15-38.
- Campos, A. L. (2018). Fundamentos epistemológicos transdisciplinares de educación y neurociencia. *Revista Electrónica Educare*, 22(1), 1-30.
- Daros, W. R. (2007). Los condicionamientos sociales en los paradigmas científicos: Popper y Kuhn. *Invenio*, 10(18), 47-74.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa.
- García Jiménez, L. (2008). Aproximación epistemológica al concepto de ciencia: una propuesta básica a partir de Kuhn, Popper, Lakatos y Feyerabend. *Andamios*, 4(8), 185-202.
- González Casanova, P. (2022). La interdisciplinariedad en las ciencias sociales. *Revista de Ciencias Sociales*, 29(1), 12-28.
- Humpiri Nuñez, J., Mendoza, C., y Ticona, A. (2021). Teorías científicas. Las propuestas de Popper y Kuhn sobre investigaciones científicas. *Horizonte. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 5(17), 36-48. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v5i17.171>
- Martínez, M. (2009). Bases de la epistemología a comienzos del siglo XXI. *Revista de Educación y Desarrollo*, 11(1), 5-25.

- Muñoz Morales, R. D. (2023). Los conceptos de la investigación interdisciplinaria. *Revista Nuevo Humanismo*, 11(2), 1-22. <https://doi.org/10.15359/rnh.11-2.4>
- Olmos de Montañez, O. (2023). Fundamentación epistemológica de la interdiscipliniedad para el currículum de formación docente del siglo XXI. *Encuentro Educativo*, 30(1), 45-68.
- Osorio, S. N. (2012). El pensamiento complejo y la transdiscipliniedad: fenómenos emergentes de una nueva racionalidad. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Militar Nueva Granada*, 20(1), 269-291.
- Pedroza, H. (2006). Complejidad, educación y transdiscipliniedad. *Polis. Revista de la Universidad Bolivariana*, 5(15), 1-18.
- Rodríguez, J. (2023). La epistemología y enfoques de la investigación: perspectivas contemporáneas. *Revista Multidisciplinaria de Investigación*, 2(2), 1-18.
- Rodríguez Zoya, L. G. (2018). Contribución a la crítica de la teoría de los sistemas complejos: bases para un programa de investigación. *Andamios*, 15(36), 73-101.
- Sarquís, J., y Buganza, J. (2009). La teoría del conocimiento transdisciplinar a partir del Manifiesto de Basarab Nicolescu. *Fundamentos en Humanidades*, 10(19), 43-55.
- Sequeiros, L. (2022). Kuhn, Lakatos, Toulmin: tres pilares de la epistemología postkuhniana. *Revista Electrónica de la Asociación Andaluza de Filosofía*, 23, 1-20.
- Torralla, A. (2023). Notas sobre la tradición intelectual interdisciplinaria en contextos de educación, producción de inteligibilidad y crítica social: de los orígenes a la actualidad latinoamericana. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 13(1), 1-24.

Venegas-Thayer, M. A. (2023). Una perspectiva epistemológica a los procesos interdisciplinarios en la formación profesional. *Estudios Pedagógicos*, 49(2), 133-152. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052023000200133>

# INNOVACIÓN EDUCATIVA Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LOS ENTORNOS DE APRENDIZAJE

*Educational innovation and digital transformation in learning environments*

## ***Autores del Capítulo:***

**Juan Carlos Vasco Delgado <sup>1</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*juan.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0003-0587-9758>*

**Héctor Ignacio Mero Criollo <sup>2</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*hector.meroc@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0004-3045-0122>*

**Michael Jonathan Pimentel Elbert <sup>3</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*michael.pimentele@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0003-4230-7353>*

**Erick Oswaldo Quiroz Rojas <sup>4</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*erick.quirozr@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0005-3771-1863>*

**Geovanny Francisco Ruiz Muñoz <sup>5</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*geovanny.ruizm@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0001-7529-6342>*

## **Resumen**

La aceleración tecnológica de las últimas décadas ha reconfigurado profundamente los fundamentos sobre los que se sostiene la educación contemporánea. Este capítulo examina la relación entre innovación educativa y transformación digital, reconociendo que dicha relación no es meramente instrumental sino que entraña una reconfiguración de los modelos pedagógicos, los roles docentes y la naturaleza misma de los entornos de aprendizaje. A partir de un análisis crítico de literatura académica reciente, se abordan cuatro categorías conceptuales: los fundamentos teóricos de la transformación digital educativa y sus lógicas constitutivas; el papel de las tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, la realidad aumentada y el aprendizaje adaptativo en la personalización del proceso formativo; los modelos pedagógicos híbridos y las metodologías activas como expresión concreta de la innovación; y las tensiones estructurales que obstaculizan una transformación equitativa, particularmente la brecha digital y los déficits en competencias digitales docentes. El análisis revela que la transformación digital genuina trasciende la adopción de herramientas tecnológicas para implicar cambios sistémicos en la cultura institucional, la formación docente y las políticas educativas. Se concluye que el valor pedagógico de la tecnología depende en última instancia de la intencionalidad didáctica con que se integra y de la capacidad institucional para sostener procesos de innovación continuos, críticos e inclusivos.

**Palabras clave:** transformación digital educativa, innovación pedagógica, entornos virtuales de aprendizaje, competencias digitales docentes, brecha digital, metodologías activas, inteligencia artificial en educación

## **Abstract**

The technological acceleration of recent decades has profoundly reconfigured the foundations of contemporary education. This chapter examines the relationship between educational innovation and digital transformation, arguing that this relationship is not merely instrumental but entails a fundamental restructuring of pedagogical models, teaching roles, and the very nature of learning environments. Through a critical analysis of recent academic literature, four conceptual categories are addressed: the theoretical foundations of digital educational transformation and its constitutive logics; the role of emerging technologies such as artificial intelligence, augmented reality, and adaptive learning in personalizing the instructional process; hybrid pedagogical models and active methodologies as concrete expressions of innovation; and the structural tensions that hinder equitable transformation, particularly the digital divide and deficits in teachers' digital competencies. The analysis reveals that genuine digital transformation transcends the adoption of technological tools to involve systemic changes in institutional culture, teacher training, and educational policy. It is concluded that the pedagogical value of technology ultimately depends on the instructional intentionality with which it is integrated and on institutional capacity to sustain continuous, critical, and inclusive innovation processes.

**Keywords:** digital educational transformation, pedagogical innovation, virtual learning environments, teachers' digital competencies, digital divide, active methodologies, artificial intelligence in education

## I. Introducción

Pocas transformaciones en la historia reciente de la educación han sido tan profundas, tan aceleradas y tan disputadas como la que ha generado la convergencia entre innovación pedagógica y digitalización. Durante décadas, la incorporación de tecnología al aula fue percibida como un complemento, una mejora instrumental al servicio de prácticas que permanecían sustancialmente inalteradas. Ese paradigma ha colapsado. La pandemia del COVID-19 actuó como un detonante sin precedentes: millones de instituciones educativas en todo el mundo fueron forzadas a trasladar sus dinámicas presenciales hacia entornos completamente mediados por plataformas digitales en cuestión de semanas, evidenciando con brutalidad tanto el potencial como las limitaciones de los sistemas educativos para operar en condiciones de digitalización masiva (Rochina et al., 2024). Lo que antes se discutía como tendencia emergente se convirtió abruptamente en exigencia cotidiana.

Sin embargo, atribuir la transformación digital educativa exclusivamente a la emergencia sanitaria sería reduccionista. Las presiones que empujaron este proceso son estructurales y de largo aliento. La Cuarta Revolución Industrial, caracterizada por la integración de sistemas ciberfísicos, inteligencia artificial e hiperconectividad, ha reconfigurado los mercados laborales, las formas de producción del conocimiento y las expectativas sobre qué significa estar formado para el siglo XXI (Chadha, 2024). Las instituciones educativas, históricamente lentas para adaptarse a las transformaciones sociales, enfrentan hoy la paradoja de tener que preparar a sus estudiantes para mundos que todavía no existen plenamente, utilizando tecnologías cuya maduración pedagógica apenas comienza.

En este escenario, la transformación digital en educación ha dejado de ser una cuestión exclusivamente tecnológica para convertirse en un problema pedagógico, institucional y político de primer orden. Organismos internacionales como la UNESCO han reconocido explícitamente que la innovación digital puede complementar, enriquecer y transformar la educación, acelerando el avance hacia el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4, aunque advierten que esto solo es posible si se garantizan condiciones de acceso equitativo y se desarrollan

marcos pedagógicos sólidos para orientar la integración tecnológica (UNESCO, 2021). La mera disponibilidad de herramientas no produce innovación; lo que la produce es la capacidad institucional y docente para resignificarlas pedagógicamente.

Tres tensiones conceptuales atraviesan de manera persistente los debates académicos sobre esta transformación. La primera es la distinción entre digitalización y transformación: mientras la digitalización refiere a la conversión de procesos analógicos en digitales, la transformación implica cambios profundos en la estructura, la cultura y las funciones del sistema educativo (Zhu y Hu, 2022, citados en Cai et al., 2025). La segunda tensión se plantea entre la promesa democratizadora de la tecnología y la realidad de una brecha digital que excluye sistemáticamente a las poblaciones más vulnerables. La tercera reside en la relación entre tecnología y pedagogía: la adopción de herramientas digitales sin una teoría del aprendizaje que las sustente puede producir lo que algunos autores denominan *superficial integration*, una tecnificación cosmética que no altera en lo fundamental las dinámicas de enseñanza tradicionales (Cai et al., 2025).

Este capítulo se sitúa en esa encrucijada conceptual. Su propósito es ofrecer un análisis fundamentado sobre las dimensiones más relevantes de la transformación digital en los entornos de aprendizaje: sus bases teóricas, sus expresiones concretas en nuevas pedagogías y tecnologías, sus contradicciones estructurales y sus implicaciones para una práctica docente renovada. El análisis se organiza en cuatro grandes ejes: los fundamentos y lógicas de la transformación digital educativa; las tecnologías emergentes y su papel en la personalización del aprendizaje; las pedagogías híbridas y metodologías activas como formas de innovación concreta; y las tensiones y barreras que desafían la equidad de este proceso. A través de ese recorrido, emerge una comprensión más matizada de qué significa innovar verdaderamente en educación cuando la digitalización no es ya una opción sino una condición del presente.

## **II. Desarrollo**

## **2.1. Fundamentos teóricos y lógicas constitutivas de la transformación digital educativa**

La transformación digital en educación no es un fenómeno unitario ni unidireccional. Comprender su profundidad exige reconocer que opera simultáneamente en varios planos: el tecnológico, el pedagógico, el institucional y el axiológico. Académicos especializados en el tema han identificado al menos dos paradigmas dominantes que orientan las concepciones sobre este proceso. El primero, denominado paradigma de cambio organizacional, entiende la transformación como un proceso dinámico y sostenido que alinea personas, tecnología y cultura institucional con el propósito de optimizar el funcionamiento del sistema. El segundo, el paradigma de integración de elementos, concibe la transformación como un proceso estático de incorporación de herramientas digitales a las estructuras existentes de enseñanza, evaluación y gestión (Cai et al., 2025). La distinción no es trivial: el primero exige una revisión profunda de la cultura institucional, mientras que el segundo puede reproducir prácticas tradicionales con ropaje tecnológico.

Esta dualidad conceptual tiene consecuencias pedagógicas de enorme relevancia. Cuando las instituciones adoptan el segundo paradigma, el resultado más frecuente es lo que Cai et al. (2025) denominan riesgo de maluso tecnológico: la reducción del proceso educativo a datos y análisis estadísticos, con el consiguiente empobrecimiento de la complejidad y la diversidad del desarrollo intelectual de los estudiantes. La tecnología, en este esquema, se convierte en sustituto antes que en potenciador de la mediación humana. El primer paradigma, en cambio, reconoce que la transformación digital genuina implica una refundación de la relación entre tecnología y pedagogía: la primera al servicio de la segunda, y no a la inversa.

Desde una perspectiva histórica, Camacho et al. (2022) señalan que la educación ha transitado desde una enseñanza basada en la transmisión unidireccional de información hasta la era de las innovaciones tecnológicas, reconfigurando los paradigmas educativos e incursionando en la lógica digital. Esta trayectoria no es lineal ni exenta de contradicciones. Los primeros intentos de incorporar tecnología al aula, sustentados en el conductismo de Skinner,

concebían la máquina como un medio para la planificación psicológica del aprendizaje; hoy, las concepciones dominantes son sustancialmente más complejas, atravesadas por el constructivismo, el conectivismo y enfoques críticos sobre el papel de la mediación tecnológica en la producción de conocimiento.

La UNESCO ha jugado un papel central en la articulación de un marco normativo y conceptual para esta transformación. En su agenda de Educación 2030, la transformación digital es definida como el uso de la innovación digital para ampliar el acceso a oportunidades educativas, mejorar la calidad del aprendizaje, construir trayectorias de aprendizaje permanente y fortalecer los sistemas de gestión y seguimiento educativo (UNESCO, 2021). Esta definición es significativa porque desplaza el foco desde la tecnología hacia sus efectos sistémicos, reconociendo explícitamente que el valor de la digitalización se mide en términos de inclusión, calidad y sostenibilidad, no en términos de adopción instrumental.

Cai et al. (2025) proponen una conceptualización que avanza sobre los paradigmas dominantes al identificar tres lógicas constitutivas de la transformación digital en educación superior: la lógica tecnológica, que explora cómo las tecnologías digitales pueden integrarse pedagógicamente; la lógica de valor, que orienta esa integración hacia el desarrollo de competencias en docentes y estudiantes y la superación de barreras objetivas; y una tercera lógica que articula las anteriores con las necesidades institucionales y sociales. Esta triada conceptual resulta particularmente fértil porque evita tanto el tecnocentrismo como el humanismo defensivo, proponiendo en cambio una tensión productiva entre tecnología, pedagogía y valor social.

Existe, no obstante, un riesgo que esta misma literatura reconoce: cuando los educadores perciben la tecnología como la única solución a los desafíos del aprendizaje, tienden a descuidar el potencial creativo del docente como mediador, facilitador y diseñador de experiencias educativas. Prevenir la integración superficial de lo digital con lo educativo es, en palabras de los propios autores, una condición necesaria para que la transformación sea genuina y no cosmética (Cai et al., 2025). Esta advertencia resulta especialmente relevante

en contextos donde la presión institucional por demostrar innovación empuja a adoptar herramientas tecnológicas sin el acompañamiento pedagógico necesario para resignificarlas.

El panorama teórico se complejiza aún más si se considera que la transformación digital en educación no ocurre en un vacío social. Suárez et al. (2024) han señalado que la digitalización educativa post-COVID-19 genera escenarios emergentes que transforman los modelos tradicionales y exigen una evolución rápida hacia sistemas capaces de cerrar múltiples brechas en el ecosistema educativo. Esto implica reconocer que la transformación digital no es solo una oportunidad, sino también una fuente de nuevas desigualdades si no va acompañada de políticas redistributivas y de fortalecimiento institucional. La promesa democratizadora de lo digital solo se realiza cuando se garantizan las condiciones materiales, culturales y pedagógicas para que todos los actores educativos puedan participar en ella de manera significativa.

## **2.2. Tecnologías emergentes y personalización del aprendizaje**

Si hay un eje conceptual que concentra las expectativas más ambiciosas sobre la transformación digital educativa, es sin duda el de la personalización del aprendizaje a través de tecnologías emergentes. La idea central es poderosa: gracias a sistemas de inteligencia artificial, analítica de datos y plataformas adaptativas, sería posible ajustar los contenidos, el ritmo, los recursos y las estrategias pedagógicas a las necesidades, estilos y trayectorias individuales de cada estudiante, superando la uniformidad que históricamente ha caracterizado a los sistemas educativos masivos.

La inteligencia artificial ocupa en este panorama un lugar de preeminencia. Chadha (2024) ha analizado iniciativas emblemáticas en ese sentido: el sistema de aprendizaje personalizado de Stanford basado en IA, el chatbot implementado en la Universidad de Murcia, el sistema adaptativo Knewton y plataformas de tutoría inteligente que ajustan en tiempo real los itinerarios formativos de los estudiantes. En todos estos casos, los hallazgos apuntan a mejoras en el compromiso del estudiante, la personalización de experiencias y los resultados académicos. Sin embargo, el mismo autor subraya que la

integración de IA en contextos educativos plantea desafíos éticos y consideraciones de política que no pueden ser ignorados: la equidad en el acceso a estas herramientas, el bienestar estudiantil y la necesidad de directrices claras sobre su uso responsable constituyen dimensiones que las instituciones deben abordar simultáneamente con la adopción tecnológica.

La revisión de literatura elaborada por Matthews (2022, citado en Haleem et al., 2024) confirma que los sistemas de analítica impulsados por IA mejoran el aprendizaje personalizado, facilitan la retroalimentación oportuna y optimizan la instrucción. Las plataformas educativas como Google Classroom, Microsoft Teams for Education, Canvas y Blackboard han incorporado capacidades de IA para automatizar tareas de evaluación, mejorar la retroalimentación y potenciar la colaboración, configurando ecosistemas digitales que, en su conjunto, transforman la accesibilidad y la efectividad de la enseñanza (Haleem et al., 2024). Esta convergencia entre plataformas y capacidades de IA crea lo que algunos autores describen como entornos de aprendizaje sin costuras, donde la experiencia educativa fluye de manera continua entre modalidades síncronas y asíncronas, presenciales y virtuales.

La realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) constituyen otro frente de innovación con implicaciones pedagógicas considerables. Silva-Peñañiel et al. (2024) han señalado que la personalización del aprendizaje a través de tecnologías de vanguardia como la IA y la RA potencia tanto el rendimiento académico como la curiosidad del estudiante, creando experiencias inmersivas que permiten comprender conceptos de alta complejidad de maneras que la instrucción tradicional difícilmente puede lograr. La posibilidad de llevar a los estudiantes a simulaciones de entornos históricos, laboratorios virtuales o escenarios de práctica profesional sin los costos y riesgos del mundo real representa una expansión sustancial del repertorio didáctico disponible para los docentes.

La gamificación merece una mención específica en este contexto. Acosta et al. (2021, citados en Rodríguez et al., 2023) encontraron que la gamificación en entornos virtuales de aprendizaje genera entornos integrales e inmersivos que facilitan la adquisición de conocimientos y aumentan la motivación, y que los

propios estudiantes la prefieren sobre los métodos tradicionales. Tsarapkina et al. (2021, citados en Rodríguez et al., 2023) establecieron el efecto positivo de la gamificación sobre el aprendizaje reflexivo, global e intuitivo. Sin embargo, la misma literatura advierte que muchos docentes carecen aún de un concepto claro sobre qué es la gamificación y cómo utilizarla para mejorar el rendimiento académico, lo que pone de relieve la necesidad de articular la adopción de estas estrategias con programas sólidos de formación docente.

La analítica del aprendizaje representa otra dimensión crítica de este escenario. Los sistemas de seguimiento continuo del progreso estudiantil no solo permiten identificar áreas de mejora en tiempo real, sino también predecir el rendimiento académico, detectar señales tempranas de riesgo de abandono y diseñar intervenciones preventivas (Martínez-Comesaña et al., 2023, citados en Lara et al., 2024). Esta capacidad predictiva transforma radicalmente el rol del docente: de evaluador terminal pasa a convertirse en facilitador de procesos continuos de mejora, apoyado en datos que antes simplemente no existían o no eran accesibles. Sin embargo, esta transformación también plantea interrogantes éticos sobre la privacidad, el manejo de datos sensibles y el riesgo de que los algoritmos reproduzcan sesgos sistémicos presentes en los datos de entrenamiento.

**Tabla 1**

*Tecnologías emergentes en entornos digitales de aprendizaje: funciones pedagógicas y desafíos críticos*

<b>Tecnología</b>	<b>Función pedagógica principal</b>	<b>Beneficios documentados</b>	<b>Desafíos críticos</b>
<i>Inteligencia artificial (IA)</i>	Personalización de itinerarios, tutoría inteligente, evaluación automatizada	Mejora del compromiso estudiantil, retroalimentación oportuna, optimización de la instrucción	Equidad en el acceso, sesgos algorítmicos, dilemas éticos sobre datos
<i>Realidad aumentada y virtual</i>	Simulación inmersiva, visualización de conceptos complejos, práctica en entornos seguros	Potenciación del rendimiento académico, incremento de la curiosidad y la motivación	Costo de implementación, competencias técnicas docentes, dependencia de infraestructura
<i>Plataformas adaptativas (LMS)</i>	Gestión del aprendizaje, seguimiento de progreso, contenidos diferenciados	Flexibilidad espaciotemporal, centralización de recursos, trazabilidad del aprendizaje	Brecha digital de acceso, resistencia institucional al cambio

<i>Gamificación</i>	Incremento de motivación, aprendizaje activo, desarrollo de competencias sociales y cognitivas	de Preferencia estudiantil, aprendizaje reflexivo, mayor participación	Conceptualización docente deficiente, riesgo de trivialización del contenido
<i>Analítica del aprendizaje</i>	Predicción del rendimiento, detección de riesgo de abandono, diseño de intervenciones	Toma de decisiones pedagógicas basadas en evidencia	Privacidad de datos, reproducción de sesgos sistémicos

**Nota.** Tabla elaborada con base en Chadha (2024), Silva-Peñañiel et al. (2024), Haleem et al. (2024), Rodríguez et al. (2023) y Lara et al. (2024). Los desafíos críticos registrados reflejan las tensiones identificadas en la literatura revisada y no pretenden ser exhaustivos.

La tabla anterior sintetiza un panorama que la literatura revela como fundamentalmente ambivalente: las tecnologías emergentes ofrecen posibilidades pedagógicas genuinamente transformadoras, pero su potencial se realiza solo bajo condiciones específicas que muchos sistemas educativos, especialmente en contextos de recursos limitados, aún no pueden garantizar plenamente. Esta ambivalencia no invita al escepticismo tecnológico sino a una actitud crítica y contextualizada frente a la adopción tecnológica, reconociendo que el artefacto solo deviene herramienta pedagógica cuando se integra en un diseño didáctico coherente.

### **2.3. Pedagogías híbridas y metodologías activas: la innovación como práctica concreta**

La transformación digital no opera únicamente en el plano de las herramientas o las plataformas; se concreta, sobre todo, en los modos de organizar la experiencia de aprendizaje. En este sentido, el surgimiento y la consolidación de las pedagogías híbridas y las metodologías activas representa quizás la expresión más tangible de lo que significa innovar en educación en la era digital.

El aprendizaje híbrido o blended learning surgió originalmente como una respuesta a los límites de la instrucción puramente presencial o puramente virtual, proponiendo una combinación que aprovechara las fortalezas de ambas modalidades. Sin embargo, su evolución conceptual ha sido significativa: de una simple mezcla logística de actividades presenciales y en línea, ha pasado a representar lo que García Aretio (2021, citado en Aretio, 2025) describe como una convergencia sistémica entre modos, espacios y tiempos de aprendizaje.

Esta convergencia no es meramente técnica sino fundamentalmente pedagógica: implica rediseñar el currículo, los roles docentes y estudiantiles, y los sistemas de evaluación para que la articulación entre lo presencial y lo digital produzca una experiencia de aprendizaje cualitativamente superior a cualquiera de las dos modalidades por separado.

Serrano et al. (2024) han documentado que una implementación exitosa del aprendizaje híbrido requiere liderazgo institucional, colaboración entre actores y evaluación continua, de modo que el modelo deje de ser una respuesta coyuntural a situaciones de emergencia para convertirse en una estrategia pedagógica que contribuya a una educación más inclusiva, flexible y preparada para los desafíos del siglo XXI. Este señalamiento es crucial: el blended learning no puede reducirse a la superposición de sesiones presenciales y tareas en línea; requiere una planificación pedagógica sofisticada que determine qué dimensiones del aprendizaje se benefician más de la interacción cara a cara y cuáles de la flexibilidad y la autonomía que ofrece el entorno digital.

Area-Moreira (2021, citado en Aretio, 2025) desarrolló el modelo pedagógico HyFlex, que representa un paso más en esta dirección al ofrecer al estudiante la posibilidad de elegir entre diferentes itinerarios de aprendizaje, uno basado en el aprendizaje por proyectos y trabajo grupal, y otro sustentado en el estudio individual organizado por temas. La innovación pedagógica fundamental de este modelo reside en la oferta de mayor autonomía y autorregulación al estudiante mediante la propuesta electiva de estrategias metodológicas diversas. La experiencia demuestra que esta autonomía no solo mejora la motivación sino que prepara a los estudiantes para gestionar su propio aprendizaje, competencia que la sociedad del conocimiento considera fundamental.

Las metodologías activas constituyen el andamiaje pedagógico que da sustento a estas formas innovadoras de organización del aprendizaje. El aula invertida, el aprendizaje basado en problemas y la gamificación son, según Cárdenas y Lanchimba-Pineida (2024), metodologías que han transformado los ambientes de aprendizaje desde espacios rígidos e inflexibles hacia entornos participativos y dinámicos que fomentan el aprendizaje de todos los estudiantes. Su característica más valiosa, en términos de innovación educativa, es su

naturaleza inclusiva: al ofrecer diferentes posibilidades de participar en el aula y asumiendo roles variados, estas metodologías permiten atender la diversidad de estilos, ritmos y necesidades de aprendizaje que caracteriza a cualquier grupo de estudiantes.

En el mismo sentido, Rodríguez y García (2023) han documentado que el incremento en la motivación y la participación en entornos digitales promueve un aprendizaje significativo, en la medida en que los estudiantes asumen un rol más proactivo en su formación. Este desplazamiento del estudiante de receptor pasivo a agente activo de su propio proceso formativo constituye uno de los cambios más profundos que la pedagogía digital puede producir, y también uno de los más difíciles de sostener sin un diseño institucional y docente que lo apoye consistentemente.

La implementación práctica de estas pedagogías en contextos digitales e híbridos requiere, además, repensar la evaluación. Haleem et al. (2024) señalan que las plataformas digitales permiten un seguimiento constante del progreso de los estudiantes mediante evaluaciones en línea y análisis de datos, facilitando la identificación temprana de áreas de mejora. Esto implica transitar desde modelos evaluativos centrados en la acreditación terminal hacia sistemas de evaluación formativa continua, donde la retroalimentación opera como palanca de aprendizaje y no como mero instrumento de clasificación. La evaluación digital, bien diseñada, puede convertirse en uno de los recursos pedagógicos más potentes del entorno híbrido.

#### **2.4. Competencias digitales docentes: la condición habilitante de la innovación**

Ningún proceso de innovación educativa mediado por tecnología puede prosperar sin docentes capaces de integrarlo pedagógicamente. Esta afirmación, que parece obvia, es sin embargo frecuentemente ignorada por las políticas institucionales que priorizan la dotación tecnológica sobre la formación profesional. La literatura especializada es unánime en señalar que las competencias digitales docentes constituyen la condición habilitante de cualquier transformación educativa genuina.

La UNESCO (2024) ha desarrollado un marco de competencias en materia de IA para docentes que define 15 competencias distribuidas en cinco dimensiones, articuladas bajo el principio de que la IA debe potenciar y no reemplazar al docente. Este marco es particularmente relevante porque desplaza la discusión desde el dominio técnico de las herramientas hacia dimensiones más complejas: comprensión de principios éticos y marcos regulatorios, promoción de la inclusión y la equidad en el uso de tecnología, desarrollo de la alfabetización digital crítica en los estudiantes y capacidad para integrar la IA en metodologías activas como la gamificación, el flipped classroom y el aprendizaje basado en proyectos. La riqueza de este marco radica en su reconocimiento de que la competencia docente en la era de la IA no es fundamentalmente técnica sino crítica, ética y pedagógica.

Martín et al. (2022) han analizado las competencias digitales docentes desde los marcos e instrumentos de evaluación disponibles, identificando una brecha persistente entre lo que los marcos normativos establecen como deseable y las competencias reales que los docentes demuestran en su práctica cotidiana. Esta brecha no es sorprendente dado que la formación inicial del profesorado en muchos países no ha incorporado de manera sistemática ni suficiente la dimensión digital; pero tiene consecuencias importantes para la calidad de la innovación educativa, pues los docentes con competencias digitales insuficientes tienden a utilizar la tecnología de manera superficial, reproduciendo con medios digitales las mismas prácticas transmisivas que caracterizaban la enseñanza tradicional.

Lucas et al. (2024) han explorado una dimensión adicional y sugestiva: la interrelación entre la confianza de los docentes en la IA y su competencia digital. Sus hallazgos sugieren que la confianza no se construye simplemente a través de la exposición a herramientas sino a través de experiencias de uso significativo en contextos pedagógicos reales, apoyadas por comunidades profesionales y acompañamiento especializado. Este hallazgo tiene implicaciones directas para el diseño de programas de formación docente: no se trata solo de enseñar a usar herramientas, sino de generar contextos donde los docentes experimenten, reflexionen y construyan criterios pedagógicos sólidos para tomar decisiones sobre la integración tecnológica.

El modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) ha sido referenciado por Rochina et al. (2024) como un marco estratégico para potenciar el aprendizaje significativo mediante la articulación de conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar. Su pertinencia en el contexto actual radica en que ofrece un lenguaje conceptual para comprender que la competencia docente en entornos digitales no es la suma de saberes separados sino la intersección de tres tipos de conocimiento que deben interactuar de manera integrada en la práctica. Un docente con sólido conocimiento disciplinar pero competencias tecnológicas precarias, o con habilidades tecnológicas avanzadas pero sin fundamentos pedagógicos, no está en condiciones de diseñar experiencias de aprendizaje genuinamente transformadoras.

Las políticas públicas juegan un papel determinante en este escenario. Moreno-Rodriguez et al. (2024, citados en Lara et al., 2024) señalan que las políticas educativas deben ir más allá de la provisión de recursos tecnológicos e incluir la creación de marcos normativos claros que promuevan la adopción tecnológica en las instituciones, incentivos para la formación continua docente y mecanismos de evaluación que permitan ajustar las estrategias de implementación. Sin este andamiaje político e institucional, los esfuerzos individuales de los docentes más innovadores quedan aislados y son difícilmente escalables.

**Tabla 2**

*Marcos conceptuales para el desarrollo de competencias digitales docentes: convergencias y divergencias*

<b>Marco conceptual</b>	<b>Origen institucional</b>	<b>Dimensiones principales</b>	<b>Énfasis diferencial</b>	<b>Limitaciones identificadas</b>
<i>Marco de competencias de IA para docentes</i>	UNESCO (2024)	Fundamentos de IA, ética, pedagogía, datos, colaboración	Uso ético y centrado en el ser humano	Baja adopción regional; solo 7 países con marcos nacionales al 2022
<i>DigCompEdu</i>	Comisión Europea (2022)	Entornos profesionales, recursos, pedagogía, evaluación, empoderamiento estudiantil	Competencia digital en seis áreas pedagógicas	Adaptación desigual por país y nivel educativo
<i>TPACK</i>	Mishra y Koehler (referenciado en	Conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar	Intersección de los tres dominios como	Dificultad para evaluar la intersección en la práctica real

<i>Marco de Referencia de Competencia Digital Docente</i>	Rochina et al., (2024)	competencia integrada
	España/INTEF (2022)	Información, comunicación, creación de contenido, seguridad, resolución de problemas

*Nota.* Tabla elaborada con base en UNESCO (2024), Cai et al. (2025), Rochina et al. (2024) y Martín et al. (2022). La columna de limitaciones recoge los señalamientos críticos de la literatura revisada, no valoraciones externas al corpus analizado.

La lectura comparada de los marcos sintetizados en la tabla anterior revela un patrón significativo: a pesar de la diversidad de enfoques y orígenes institucionales, todos los marcos convergen en reconocer que la competencia digital docente no es un conjunto de habilidades técnicas sino una disposición pedagógica integrada que combina conocimiento, ética y capacidad reflexiva. Las divergencias se sitúan principalmente en el peso relativo otorgado a la dimensión ética, en los mecanismos de evaluación y certificación, y en la escala y velocidad de implementación. Esta convergencia conceptual contrasta, sin embargo, con la persistente heterogeneidad de los sistemas de formación docente en práctica, lo que sigue constituyendo un desafío estructural para la transformación digital educativa a escala global.

**2.5. Tensiones estructurales: brecha digital, inequidad y resistencia al cambio**

Las narrativas más optimistas sobre la transformación digital educativa comparten un punto ciego problemático: la tendencia a universalizar condiciones de acceso y capacidad institucional que, en la realidad, están distribuidas de manera profundamente desigual. La brecha digital no es simplemente una cuestión técnica de conectividad o equipamiento; es una expresión de desigualdades estructurales más profundas que el proceso de digitalización educativa puede reproducir o agravar si no se abordan con políticas específicas y sostenidas.

Suárez et al. (2024) han identificado que la integración tecnológica enfrenta barreras críticas que van desde la infraestructura asimétrica hasta las limitaciones en la formación docente y las resistencias culturales al cambio. La

brecha digital, en su acepción más amplia, incluye no solo el acceso a dispositivos y conectividad sino también las competencias para usar significativamente las herramientas disponibles, la disponibilidad de contenidos pertinentes en los idiomas y contextos de los usuarios, y la existencia de entornos institucionales que soporten la innovación. En este sentido, la brecha tecnológica es simultáneamente una brecha pedagógica, cultural y política.

Los datos son elocuentes: Haleem et al. (2024) señalan que las inadecuaciones de infraestructura y las desigualdades en alfabetización digital constituyen obstáculos persistentes para la implementación efectiva del aprendizaje digital, con impactos diferenciados sobre las poblaciones más vulnerables. Esto significa que los sistemas educativos que abrazan la transformación digital sin abordar simultáneamente la inequidad de acceso corren el riesgo de profundizar, antes que cerrar, las brechas de aprendizaje existentes. La promesa de democratización a través de la tecnología requiere condiciones materiales específicas que no se crean por decreto ni por disponibilidad de plataformas.

La resistencia al cambio por parte de los docentes merece un análisis matizado que va más allá de la etiqueta simplificadora de conservadurismo o fobia tecnológica. Las experiencias documentadas por Chadha (2024) en el contexto de instituciones de educación superior israelíes revelan que los obstáculos a la adopción de aprendizaje digital operan en cuatro dominios interconectados: el educativo, el personal, el cultural y social, y el institucional. La resistencia docente, en muchos casos, no responde al rechazo de lo nuevo sino a la ausencia de condiciones institucionales que permitan una integración reflexiva y sostenida: tiempo para experimentar, acompañamiento pedagógico especializado, reconocimiento profesional de los esfuerzos de innovación y comunidades de práctica donde el error sea parte del proceso de aprendizaje.

Rodríguez y Martínez (2021) han documentado específicamente las barreras en la implementación de herramientas tecnológicas en centros universitarios, identificando que la falta de competencias digitales, la percepción de carga adicional de trabajo y la inseguridad sobre el valor pedagógico de las

herramientas disponibles son factores que inhiben la adopción, incluso cuando los docentes tienen en principio una actitud favorable hacia la innovación. Esta observación es significativa porque sugiere que el problema no es de disposición sino de condiciones: docentes que quieren innovar pero no encuentran los apoyos necesarios para hacerlo de manera pedagógicamente fundamentada.

Desde una perspectiva de política educativa, García-Peñalvo (2021, citado en Haleem et al., 2024) ha señalado que es crucial garantizar el uso ético de los datos y tomar las decisiones tecnológicas adecuadas para alcanzar un entorno universitario más inclusivo y participativo. Esta observación conecta las cuestiones de acceso con las de gobernanza: la transformación digital educativa plantea preguntas urgentes sobre quién controla los datos generados en los procesos de aprendizaje digital, con qué fines se utilizan, quién se beneficia de los sistemas de analítica avanzada y qué garantías existen para que los estudiantes más vulnerables no sean sistemáticamente perjudicados por algoritmos entrenados con datos que no representan su diversidad.

El debate sobre equidad en la transformación digital educativa remite, en última instancia, a la pregunta sobre qué tipo de sociedad queremos construir a través de los sistemas educativos. Rechina et al. (2024) concluyen que la transformación educativa en el siglo XXI requiere un enfoque integral que maximice el potencial de las tecnologías emergentes mientras enfrenta los obstáculos existentes, adoptando un enfoque centrado en el estudiante y en la personalización para crear entornos de aprendizaje más efectivos y equitativos. Esta conclusión es más que un imperativo normativo; es el reconocimiento de que la tecnología, por sí sola, no transforma nada: lo que transforma son las decisiones colectivas sobre cómo usarla, quién tiene acceso a ella y qué valores guían su integración en los procesos de formación humana.

### **III. Conclusiones**

Este capítulo recorrió cuatro dimensiones conceptuales estrechamente articuladas que permiten comprender la transformación digital educativa en su complejidad real, más allá de los discursos tanto entusiastas como escépticos que frecuentemente dominan el debate público sobre tecnología y educación.

En la primera dimensión, se estableció que la transformación digital en educación opera bajo dos paradigmas en tensión: el del cambio organizacional profundo y el de la simple integración de elementos tecnológicos. La literatura revisada demostró que la adopción del primer paradigma es condición necesaria para una innovación genuina; el segundo, en cambio, tiende a producir una tecnificación superficial que no altera las dinámicas pedagógicas de fondo. La contribución de Cai et al. (2025) resultó especialmente fértil al proponer tres lógicas constitutivas que articulan tecnología, valor y pedagogía en un marco integrado, superando tanto el tecnocentrismo como el humanismo defensivo.

En la segunda dimensión, se analizó cómo las tecnologías emergentes, desde la inteligencia artificial hasta la realidad aumentada y la gamificación, amplían de manera sustancial el repertorio pedagógico disponible, con potencial documentado para mejorar la personalización del aprendizaje, la motivación estudiantil y la calidad de la retroalimentación. Al mismo tiempo, la revisión de Chadha (2024) y Haleem et al. (2024) evidenció que estas posibilidades están condicionadas por factores de acceso, equidad y competencia pedagógica que no se resuelven de manera automática con la disponibilidad de la tecnología.

La tercera dimensión confirmó que las pedagogías híbridas y las metodologías activas representan la expresión más concreta de lo que significa innovar en educación en la era digital. El modelo HyFlex de Area-Moreira (2021), las estrategias de aprendizaje basado en proyectos documentadas por Cárdenas y Lanchimba-Pineida (2024) y los sistemas de evaluación continua analizados por Haleem et al. (2024) convergieron en señalar que la innovación pedagógica genuina desplaza al estudiante de receptor pasivo a agente activo, y al docente de transmisor de información a diseñador de experiencias de aprendizaje.

La cuarta y última dimensión situó la transformación digital en su contexto de inequidad estructural. La brecha digital no es un obstáculo periférico sino una condición central de cualquier política de innovación educativa: sin acceso equitativo a infraestructura, sin formación docente sistemática y sin marcos normativos que orienten el uso ético de los datos, la tecnología educativa puede convertirse en un factor de profundización de las desigualdades antes que de su superación.

El aporte global de este análisis reside en haber mostrado que la transformación digital educativa no es un destino técnico sino un proyecto político y pedagógico que requiere decisiones intencionales sobre valores, prioridades y condiciones de posibilidad. El valor de la tecnología en educación no se mide por su sofisticación sino por su capacidad para ampliar las oportunidades de aprendizaje con calidad y equidad. Las implicaciones conceptuales son claras: las instituciones educativas que asumen genuinamente la transformación digital deben invertir simultáneamente en infraestructura, formación docente crítica, marcos éticos de gobernanza de datos y culturas institucionales que sostengan la experimentación pedagógica como práctica profesional legítima y valorada.

## Referencias bibliográficas

- Acosta, M., Navarro, R., y Torres, P. (2021). Gamificación en entornos virtuales de aprendizaje: efectos sobre la motivación y el rendimiento académico. *Revista Científica de Educación Digital*, 5(2), 34-51.
- Area-Moreira, M. (2021). HyFlex: Enseñar y aprender de modo híbrido y flexible en la educación superior. *Revista de Educación a Distancia*, 21(65), 1-22.
- Cai, Z., Zhang, L., Wang, Y., y Chen, H. (2025). Digital transformation in higher education: Logical framework, practical dilemmas, and implementation approaches. *Frontiers in Psychology*, 16, 1565591.
- Camacho Marín, R., Flores, E., y Díaz, L. (2022). Innovación y tecnología educativa en el contexto actual latinoamericano. *Revista de Ciencias Sociales*, 28(2), 215-230.
- Cárdenas, M. E., y Lanchimba-Pineida, F. A. (2024). Aula invertida, aprendizaje basado en problemas y gamificación, como metodologías activas en aulas diversas. *Revista Científica Retos de la Ciencia*, 1(4), 61-72.
- Chadha, A. (2024). Transforming higher education for the digital age: Examining emerging technologies and pedagogical innovations. *Journal of Interdisciplinary Studies in Education*, 13(S1).
- García-Peñalvo, F. J. (2021). Transformación digital en las universidades: Implicaciones de la pandemia de la COVID-19. *Education in the Knowledge Society*, 22, e25477.
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., y Suman, R. (2024). Modern learning strategies in the age of digital education. *ERIC Journal of Educational Technology*, 12(1), 1-19.
- Lara, A., Sacatoro, J., León, A., y Jarrín, G. S. (2023). La evaluación, la inteligencia artificial y otras tecnologías de vanguardia en Educación General Básica Superior. *Prometeo Conocimiento Científico*, 3(2), 1-14. <https://doi.org/10.55204/pcc.v4i1.e85>

- Lucas, M., Zhang, Y., Bem-haja, P., y Nuno, P. (2024). The interplay between teachers' trust in artificial intelligence and digital competence. *Education and Information Technologies*, 29(1), 1-30. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12772-2>
- Martín, L., Llorente, C., y Cabero, J. (2022). Análisis de las competencias digitales docentes desde los marcos e instrumentos de evaluación. *International Journal of Educational Research and Innovation*, 18(1), 62-79. <https://doi.org/10.46661/ijeri.7444>
- Otto, S., Bertel, L. B., Lyngdorf, N. E. R., Markman, A. O., Andersen, T., y Ryberg, T. (2024). Emerging digital practices supporting student-centered learning environments in higher education: A review of literature and lessons learned from the COVID-19 pandemic. *Education and Information Technologies*, 29(2), 1673-1696. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11789-3>
- Rochina Chileno, S. C., Duarte Mora, M. J., Macanchí Pico, M. L., y Tipantuña Soria, E. G. (2024). Transformación educativa en el siglo XXI: Integración de tecnologías emergentes para el aprendizaje efectivo. *Reincisol*, 3(6), 6092-6109. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)6092-6109](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)6092-6109)
- Rodríguez, J., y García, L. (2023). Impacto de la educación virtual en la motivación y rendimiento académico de los estudiantes universitarios. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 17(1), 1-18.
- Rodríguez, J., y Martínez, L. (2021). Barreras en la implementación de herramientas tecnológicas durante procesos educativos en un centro universitario. *Revista de Innovación Educativa*, 13(2), 45-62.
- Rodríguez, M., Salinas, J., y Pérez, A. (2023). Gamificación para la enseñanza en entornos virtuales de aprendizaje. *Revista Científica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 23(2), 1-22.
- Serrano Aguilar, N. S., Paredes Montesdeoca, D. G., Silva Carrillo, A. G., Pilatasig Patango, M. R., Ibáñez Oña, J. E., Tumbes Cunuhay, L. F., y Bernal Parraga, A. P. (2024). Aprendizaje híbrido: Modelos y prácticas

efectivas para la educación post-pandemia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10074-10093.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13152](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13152)

Silva-Peñañiel, G. E., Castillo-Parra, B. F., Tixi-Gallegos, K. G., y Urgiles-Rodríguez, B. E. (2024). La revolución de la inteligencia artificial en la educación superior. Editorial Grupo AEA.  
<https://doi.org/10.55813/egaea.l.71>

Suárez, R., Córdova, M., Cabrera, A., y Plaza, S. (2024). Transformación digital como catalizador de innovación educativa. *Finanzas y Negocios*, 5(1), 45-68.

UNESCO. (2021). Reimaginar juntos nuestros futuros: Un nuevo contrato social para la educación. <https://eduteka.icesi.edu.co/articulos/unesco-un-nuevo-contrato-social-para-la-educacion>

UNESCO. (2024). Marco de competencias para docentes en materia de inteligencia artificial. <https://doi.org/10.54675/AQKZ9414>

**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD: NUEVAS PERSPECTIVAS PARA EL  
DESARROLLO SOSTENIBLE**

*Science, technology, and society: New perspectives for sustainable  
development*

***Autores del Capítulo:***

**Betty Azucena Macas Padilla <sup>1</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*betty.macasp@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0006-2317-6086>*

**Mariuxi Lissett Vera Solórzano <sup>2</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*mariuxi.veras@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0004-6370-5152>*

**César Andrés Mero Baquerizo <sup>3</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*cesar.merob@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0001-1347-4219>*

**Juan Carlos Vasco Delgado <sup>4</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*juan.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0003-0587-9758>*

**Geovanny Francisco Ruiz Muñoz <sup>5</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*geovanny.ruizm@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0001-7529-6342>*

## Resumen

La relación entre ciencia, tecnología y sociedad constituye uno de los campos más dinámicos y disputados del pensamiento contemporáneo, particularmente cuando se examina desde la óptica del desarrollo sostenible. Este capítulo analiza las dimensiones conceptuales, políticas y estructurales que articulan el triángulo CTS con los imperativos de la Agenda 2030, reconociendo que dicha relación es intrínsecamente compleja, ambigua y cargada de asimetrías históricas. A través de cuatro ejes conceptuales, se examinan los fundamentos epistemológicos de los estudios CTS y su pertinencia para comprender la producción social del conocimiento tecnocientífico; las condiciones bajo las cuales la ciencia y la tecnología pueden constituirse en instrumentos de transformación hacia la sostenibilidad; las tensiones entre la innovación tecnológica y la equidad, con especial atención a las brechas Norte-Sur y la gobernanza asimétrica del conocimiento; y el papel de la ciudadanía y los saberes locales en la reconfiguración de las políticas científicas. Se concluye que el potencial transformador de la ciencia y la tecnología para el desarrollo sostenible solo puede realizarse cuando se abandona el determinismo tecnológico y se adopta una perspectiva crítica, participativa e inclusiva que coloque la justicia epistémica y la equidad distributiva en el centro de las decisiones tecnocientíficas.

**Palabras clave:** estudios CTS, desarrollo sostenible, gobernanza tecnocientífica, brecha Norte-Sur, innovación responsable, justicia epistémica, Agenda 2030

## **Abstract**

The relationship between science, technology, and society constitutes one of the most dynamic and contested fields of contemporary thought, particularly when examined through the lens of sustainable development. This chapter analyzes the conceptual, political, and structural dimensions articulating the STS triangle with the imperatives of the 2030 Agenda, recognizing that this relationship is intrinsically complex, ambiguous, and laden with historical asymmetries. Through four conceptual axes, the chapter examines the epistemological foundations of STS studies and their relevance for understanding the social production of technoscientific knowledge; the conditions under which science and technology can become instruments of transformation toward sustainability; the tensions between technological innovation and equity, with particular attention to North-South divides and asymmetric knowledge governance; and the role of citizenship and local knowledge in reconfiguring science policies. It is concluded that the transformative potential of science and technology for sustainable development can only be realized when technological determinism is abandoned and a critical, participatory, and inclusive perspective is adopted, placing epistemic justice and distributive equity at the center of technoscientific decision-making.

**Keywords:** STS studies, sustainable development, technoscientific governance, North-South divide, responsible innovation, epistemic justice, 2030 Agenda

## I. Introducción

Existe una paradoja que atraviesa la historia moderna de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad: la misma capacidad tecnocientífica que ha permitido reducir la mortalidad infantil, erradicar enfermedades y comunicar a millones de personas en tiempo real es también la que ha producido las condiciones materiales para la degradación ambiental planetaria, la proliferación de armas de destrucción masiva y la concentración sin precedentes de la riqueza y el poder en manos de quienes controlan los medios de producción tecnológica. Esta paradoja no es accidental ni corregible con más tecnología. Es constitutiva del modo en que las sociedades modernas han organizado la producción, la apropiación y el uso del conocimiento científico-técnico.

Los estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad surgieron precisamente de la necesidad de comprender esa paradoja con rigor crítico. Desde los años sesenta del siglo pasado, cuando los debates sobre los riesgos de la energía nuclear, los agroquímicos y la carrera armamentista obligaron a revisar la imagen esencialista y triunfalista de la ciencia, el campo CTS fue construyendo un arsenal conceptual y metodológico para examinar el fenómeno científico-tecnológico en su contexto social, tanto en relación con sus condicionantes históricos y políticos como en lo referido a sus consecuencias sobre la vida colectiva (López Cerezo, 1998, citado en Chaparro-González y Méndez-Zamora, 2022). La clave conceptual de ese giro fue reconocer que el cambio científico-tecnológico no responde a una lógica interna o natural de progreso, sino que emerge de un complejo tejido de relaciones entre el Estado, los grupos empresariales, las comunidades académicas y el conjunto de la sociedad civil.

Hoy, en el contexto de la Agenda 2030 y sus diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible, esa perspectiva crítica adquiere una urgencia renovada. El mundo enfrenta una confluencia de crisis sin precedentes: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la pandemia de COVID-19 y sus secuelas económicas, la emergencia de la inteligencia artificial con sus implicaciones éticas y laborales, y la creciente concentración del poder tecnocientífico en unas pocas

corporaciones y países. En este escenario, la pregunta central ya no es si la ciencia y la tecnología pueden contribuir al desarrollo sostenible, sino bajo qué condiciones sociales, políticas e institucionales esa contribución puede realizarse de manera equitativa, pertinente y duradera.

Las instituciones internacionales han reconocido esta complejidad. La UNESCO, al lanzar el Decenio Internacional de las Ciencias para el Desarrollo Sostenible (2024-2033), señaló explícitamente que el desafío no es solo producir más ciencia, sino tender puentes entre la comunidad científica y la sociedad para que el conocimiento responda a las necesidades reales de las poblaciones, incluyendo el reconocimiento y la incorporación de los saberes indígenas, locales y tradicionales como fuentes legítimas de conocimiento para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (UNESCO, 2024a).

Adenle et al. (2023), en un estudio global con perspectivas de múltiples actores, confirmaron que lograr los ODS requiere sistemas nacionales de innovación sólidos, pero también subrayaron que numerosos países siguen sin poder diseñar políticas de ciencia, tecnología e innovación que aborden eficazmente los desafíos específicos que esos objetivos plantean.

Esta brecha entre el imperativo normativo del desarrollo sostenible y la realidad de los sistemas tecnocientíficos existentes es el problema central que este capítulo examina. Para ello, el análisis se organiza en cuatro ejes. El primero explora los fundamentos epistemológicos del campo CTS y su contribución para desnaturalizar la relación entre ciencia, tecnología y sociedad. El segundo examina las condiciones bajo las cuales la ciencia y la tecnología pueden convertirse en instrumentos efectivos de transformación sostenible, con especial atención a los marcos de gobernanza y a la experiencia latinoamericana.

El tercer eje analiza las tensiones estructurales que limitan esa transformación, con énfasis en las brechas de acceso, la concentración del conocimiento y la inequidad en los sistemas de innovación. El cuarto, finalmente, explora las perspectivas emergentes que proponen reconfigurar la relación CTS-sostenibilidad desde la participación ciudadana, la innovación responsable y el pluralismo epistemológico.

## **II. Desarrollo**

### **2.1. Fundamentos epistemológicos del campo CTS: desnaturalizar la ciencia y la tecnología**

La comprensión crítica de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad comienza por un gesto intelectual tan sencillo como radical: reconocer que la ciencia y la tecnología no son actividades autónomas que siguen una lógica interna de progreso, sino prácticas sociales históricamente situadas, cuyos contenidos, métodos y aplicaciones están modelados por valores, intereses y estructuras de poder que operan mucho más allá del laboratorio o el taller de ingeniería. Este reconocimiento, que parece obvia a quienes trabajan en el campo CTS, sigue siendo resistido por las concepciones dominantes en la política científica y en la cultura popular, donde persiste la imagen del científico como buscador desinteresado de verdades universales y de la tecnología como aplicación neutral del conocimiento a los problemas humanos.

Los estudios CTS cuestionaron esa imagen desde múltiples frentes disciplinares. La historia de la tecnología mostró que la adopción de innovaciones no responde a la superioridad intrínseca de los nuevos artefactos sino a configuraciones sociales específicas de poder, interés y cultura. La sociología del conocimiento científico demostró que incluso los hechos más sólidamente establecidos son el resultado de procesos de negociación social entre actores con diferentes capitales y posiciones. La filosofía de la ciencia fue abandonando el modelo normativo positivista para abrirse a concepciones más complejas sobre la objetividad, la racionalidad y la función del contexto en la producción del conocimiento (Chaparro-González y Méndez-Zamora, 2022). El resultado acumulado de esas investigaciones fue una nueva imagen de la tecnociencia como construcción social e histórica, abierta por tanto a la crítica, la regulación y la reorientación democrática.

La tradición latinoamericana del pensamiento CTS aportó dimensiones específicas que enriquecen ese panorama de manera singular. El Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad (PLACT), desarrollado

desde los años sesenta por figuras como Amílcar Herrera, Óscar Varsavsky y Jorge Sábato, planteó que los sistemas de ciencia y tecnología en América Latina no podían limitarse a reproducir los modelos de los países centrales, sino que debían orientarse hacia la resolución de los problemas específicos de las sociedades de la región (Dagnino, citado en Voces en el Fénix, 2022). Esta postura anticipó en décadas el debate contemporáneo sobre la pertinencia social del conocimiento científico y el imperativo de la apropiación social de la ciencia y la tecnología como condición para un desarrollo genuinamente sostenible.

La noción de reapropiación social de la ciencia y la tecnología es particularmente fértil en este contexto. Implica que el saber tecnocientífico no puede seguir siendo patrimonio exclusivo de las élites académicas, corporativas y gubernamentales que actualmente lo controlan, sino que debe poder ser comprendido, evaluado y reorientado por las comunidades a las que afecta. Esta democratización del conocimiento científico no es un ideal utópico sino una condición práctica para que la ciencia pueda responder a las necesidades reales de las mayorías. Como señalan Centeno de López et al. (2022), la visión transcompleja de los estudios CTS en el ámbito universitario propone incorporar un eje transversal que dé prioridad a los contenidos actitudinales y axiológicos que orienten la transformación, propiciando la concientización de las implicaciones de la tecnociencia en un modo cooperativo donde las alianzas produzcan conocimiento compartido, más allá de los muros de las disciplinas.

La tensión conceptual más productiva dentro del campo CTS es quizás la que se establece entre dos visiones sobre la construcción social de la tecnología. La primera, inspirada en el constructivismo social de Pinch y Bijker, enfatiza la flexibilidad interpretativa de los artefactos y la posibilidad de que diferentes grupos sociales les asignen significados y funciones distintas. La segunda, anclada en la economía política de la innovación, señala que esa flexibilidad tiene límites estructurales determinados por las relaciones de poder que gobiernan quién puede influir sobre el diseño, la producción y la distribución de las tecnologías (López Cerezo, citado en RIEOEI, s.f.). La articulación de ambas perspectivas resulta imprescindible para comprender las condiciones reales de transformación tecnológica hacia la sostenibilidad: hay márgenes de reconfiguración social de los artefactos y los sistemas técnicos, pero esos

márgenes están acotados por estructuras económicas e institucionales que no se disuelven por efecto de la voluntad democrática sin cambios políticos de fondo.

Este núcleo conceptual del campo CTS tiene implicaciones directas para la política de desarrollo sostenible. Si la tecnología es una construcción social, entonces sus orientaciones pueden ser objeto de deliberación democrática. Si los sistemas de innovación son el resultado de complejas interacciones entre actores con intereses divergentes, entonces la gobernanza de esos sistemas es un asunto político de primera importancia. Y si los problemas que afectan a las sociedades más vulnerables no son atendidos por la ciencia dominante porque no representan mercados rentables, entonces la política científica tiene la obligación de crear incentivos y mecanismos que corrijan esa asimetría. El desafío, en suma, no es solo técnico sino político y ético.

## **2.2. Ciencia, tecnología e innovación como instrumentos de transformación sostenible**

La Agenda 2030 asigna a la ciencia, la tecnología y la innovación un papel de medio estratégico de implementación para el conjunto de los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible. El ODS 9 establece explícitamente la meta de fomentar la innovación tecnológica, la investigación y el desarrollo de capacidades, incluyendo el acceso equitativo a la información y el conocimiento, mientras que el ODS 17 señala la necesidad de mejorar el acceso a la ciencia, la tecnología y la innovación para los países en desarrollo y su transferencia como condición para la cooperación internacional efectiva (Naciones Unidas, 2022). Esta centralidad normativa de la CyTI en la arquitectura de los ODS reconoce una realidad histórica bien documentada: los avances más significativos en la reducción de la pobreza, la mejora de la salud y la gestión de recursos naturales han estado vinculados a innovaciones tecnológicas y científicas que ampliaron las posibilidades productivas y redistributivas de las sociedades.

Sin embargo, la relación entre ciencia, tecnología e innovación y desarrollo sostenible no es mecánica ni automática. Cantú Martínez (2019) señala con precisión que, si bien el conocimiento científico unido a la innovación tecnológica

se instituye como uno de los principales patrimonios con que cuenta la sociedad para impulsar el desarrollo sustentable, esto no significa que más conocimiento científico expresado en innovaciones tecnológicas tenga necesariamente como resultado una sociedad más sostenible. La historia ofrece sobrados ejemplos de innovaciones que, bajo la lógica del mercado o de la geopolítica, profundizaron las desigualdades y degradaron los ecosistemas antes que contribuir a la sostenibilidad. El desarrollo tecnológico de la industria petroquímica y agroindustrial de posguerra es el caso paradigmático: generó abundancia para unos pocos mientras producía contaminación ambiental, desplazamiento de comunidades rurales y dependencia tecnológica de los países del Sur.

Adenle et al. (2023) ofrecen un marco analítico que sistematiza las condiciones bajo las cuales la CyTI puede contribuir efectivamente a los ODS. Identifican cuatro dimensiones interdependientes: la planificación nacional, que implica integrar el marco de ciencia, tecnología e innovación en el corazón de la política de gobierno; la construcción de recursos y capacidades, que requiere inversión sostenida en capital humano, infraestructura y sistemas de información; el compromiso y las alianzas, que supone articular actores académicos, gubernamentales, empresariales y de la sociedad civil en torno a problemas comunes; y el acceso a la innovación, que plantea garantizar que los beneficios de la innovación lleguen a las poblaciones más vulnerables. La debilidad en cualquiera de estas dimensiones compromete la contribución efectiva de la ciencia y la tecnología a los objetivos de sostenibilidad, lo que explica por qué muchos países con sistemas científico-tecnológicos formalmente desarrollados siguen teniendo un desempeño limitado en el avance hacia los ODS.

La CEPAL ha profundizado en esta dirección desde la perspectiva regional latinoamericana, identificando una brecha estructural que se mantiene desde la posguerra: los países de la región han incrementado su penetración tecnológica pero no han logrado superar el rezago productivo en los sectores de mayor intensidad tecnológica (CEPAL, 2021). Esto significa que la innovación importada desde los países centrales rara vez se traduce en capacidades tecnológicas autónomas, lo que reproduce la dependencia y limita la posibilidad de orientar la ciencia y la tecnología hacia los problemas específicos de los contextos locales. Para superar este círculo, la CEPAL (2024) propone articular

la política de CTI con estrategias de transformación productiva que combinen industrialización sostenible, eficiencia energética y capacidades de investigación y desarrollo orientadas a los desafíos del cambio climático y la inclusión social.

La transición energética ofrece quizás el ejemplo más nítido de las posibilidades y los límites de la tecnología como instrumento de transformación sostenible. Las energías renovables, cuya expansión ha sido uno de los fenómenos tecnológicos más acelerados de las últimas décadas gracias a la caída de costos de la energía solar fotovoltaica y eólica, representan una oportunidad real para desacoplar el crecimiento económico de las emisiones de carbono (PNUD, 2024). Sin embargo, Jiménez Cazar et al. (2025) advierten en su revisión de literatura que el éxito de esa transición depende de una matriz energética diversificada, de políticas públicas efectivas y de educación ambiental, subrayando que la mera disponibilidad de tecnologías renovables no produce transformación sin el sustento institucional y social que haga posible su adopción a escala. Esta observación remite directamente al núcleo epistemológico del campo CTS: la tecnología no actúa sola; actúa a través de las instituciones, los incentivos y las relaciones de poder que gobiernan su producción y su difusión.

Un elemento adicional que enriquece este panorama es el potencial de las tecnologías digitales para acelerar la transición sostenible. El PNUD (2024) documenta que el uso eficaz de las tecnologías digitales podría reducir las emisiones globales en un veinte por ciento antes de 2050 en los sectores de energía, materiales y movilidad. La inteligencia artificial aplicada a la gestión de redes energéticas, la monitorización de ecosistemas y la optimización de cadenas de valor industrial representa, en ese sentido, una herramienta de enorme potencial para la gobernanza ambiental. Pero el mismo organismo advierte que aprovechar ese potencial exige políticas que garanticen que los beneficios de la digitalización se distribuyan equitativamente y no reproduzcan las brechas de acceso que ya caracterizan los sistemas tecnológicos globales.

### **2.3. Asimetrías estructurales: la brecha Norte-Sur y la gobernanza del conocimiento**

Si la relación entre ciencia, tecnología e innovación y desarrollo sostenible tiene una cara luminosa, tiene también una sombra oscura: la distribución profundamente desigual del conocimiento tecnocientífico, de las capacidades de innovación y de los beneficios del progreso tecnológico entre regiones, países y grupos sociales. Esta asimetría no es un accidente histórico ni una deficiencia transitoria que el tiempo y el mercado corregirán; es una estructura duradera de poder que requiere políticas deliberadas para ser transformada.

El dato más elocuente en este sentido lo proporciona la UNESCO al señalar que solo el 0.03 % de las publicaciones científicas mundiales se centran en alternativas ecológicas a los plásticos, solo el 0.02 % en cultivos resistentes al clima y el 0.01 % en estrategias locales para reducir los riesgos de desastres relacionados con la disrupción climática (UNESCO, 2024a). Estos porcentajes revelan una distorsión fundamental en las prioridades del sistema científico global: los recursos de investigación se concentran en problemas de alta rentabilidad comercial para las economías avanzadas, mientras que los desafíos que más afectan a las poblaciones vulnerables del Sur Global permanecen estructuralmente subfinanciados. Avanzar en el conocimiento en estas áreas, señala la misma fuente, podría abordar directamente el problema del hambre y mejorar el acceso al agua potable, lo que subraya la urgencia política de reorientar la agenda científica global.

La brecha de acceso a internet y a las tecnologías digitales representa otra dimensión de esa asimetría. El PNUD documenta que más de cuatro mil millones de personas aún carecen de acceso a internet, siendo el noventa por ciento de ellas residentes del mundo en desarrollo, y señala explícitamente que reducir esa brecha digital es crucial para garantizar el acceso igualitario a la información y el conocimiento y para promover la innovación y el emprendimiento (PNUD, s.f.). Naciones Unidas va aún más lejos al reconocer el acceso universal a internet como un derecho humano emergente, cuya garantía es condición previa para que la digitalización contribuya al desarrollo sostenible antes que profundizar las desigualdades existentes (Naciones Unidas, 2022). La paradoja es que los países con mayor brecha digital son también los más vulnerables a los efectos del cambio climático y los que más necesitarían acceder a las

soluciones tecnocientíficas que el sistema global de innovación está en condiciones de generar.

La gobernanza del conocimiento es otra dimensión crítica de estas asimetrías. Frahm et al. (2022) han analizado cómo los marcos de Innovación Responsable y de Innovación Orientada por Misiones, promovidos por la OCDE y la Comisión Europea, han ganado legitimidad internacional bajo una nueva lógica de déficit democrático: la idea de que la falta de participación social en la gobernanza de la innovación es una barrera principal para la adopción y difusión de las nuevas tecnologías. Esta conceptualización es valiosa en tanto reconoce la dimensión política de la innovación, pero también puede ser problemática si la participación ciudadana se reduce a un instrumento de gestión del consentimiento antes que a un mecanismo genuino de deliberación sobre las prioridades y las consecuencias del cambio tecnológico. La diferencia entre participación simbólica y participación transformadora es precisamente lo que separa una gobernanza de la innovación democráticamente legítima de una que solo simula serlo.

Desde la perspectiva latinoamericana, Paredes-Frigolett et al. (2023, citados en Revista CTS, 2023) han desarrollado el concepto de innovación inclusiva como marco para analizar las políticas de CTI en la región, identificando tres dimensiones indispensables: direccionalidad, que exige que las prioridades de innovación sean establecidas por actores regionales en el marco de una institucionalidad y una gobernanza incluyentes; participación, que requiere incorporar a actores marginados como pescadores artesanales y trabajadores informales en los procesos de toma de decisiones sobre tecnología; y gobernanza, que supone diseñar mecanismos institucionales que aseguren la coherencia y la rendición de cuentas en la implementación de las políticas. Este marco resulta particularmente relevante para América Latina, donde las políticas de CTI han tendido históricamente a reproducir las prioridades de los países centrales antes que responder a las necesidades específicas de sus poblaciones.

La JRC de la Comisión Europea ha desarrollado por su parte la metodología de los roadmaps STI para los ODS, que intenta crear marcos estratégicos de

coherencia entre los planes de desarrollo nacionales, los programas de ciencia y tecnología y los objetivos de la Agenda 2030 (JRC, 2022). Este instrumento ha mostrado su eficacia en algunos contextos nacionales, como la República Checa y varios países africanos, pero también ha puesto de manifiesto que la mayoría de los países aún están lejos de integrar plenamente la dimensión de sostenibilidad en sus sistemas nacionales de CTI, lo que evidencia la distancia entre los compromisos normativos y las capacidades reales de implementación. Acadden et al. (2023) confirman que numerosos países, en particular los de ingresos bajos y medios, siguen sin poder diseñar políticas de CTI que aborden eficazmente los desafíos únicos que plantean los ODS, lo que pone en entredicho la viabilidad del modelo dominante de transferencia de conocimiento desde el Norte hacia el Sur como estrategia de desarrollo sostenible.

**Tabla 1**

*Marcos de gobernanza de la ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo sostenible: dimensiones, alcances y tensiones*

<b>Marco conceptual</b>	<b>Origen</b>	<b>Dimensiones centrales</b>	<b>Aporte principal</b>	<b>Tensiones identificadas</b>
<i>Innovación Responsable (RRI)</i>	OCDE/Comisión Europea (Frahm et al., 2022)	Anticipación, reflexividad, participación, receptividad	Integra participación social en la gobernanza tecnocientífica	Riesgo de participación simbólica; centralidad de intereses europeos
<i>STI para los ODS Roadmaps</i>	UN-IATT/JRC (JRC, 2022; Adenle et al., 2023)	Planificación nacional, capacidades, alianzas, acceso	Coherencia entre CTI y Agenda 2030 a nivel nacional	Adopción desigual; países del Sur con menor capacidad de implementación
<i>Innovación Inclusiva</i>	PLACT/CTS Latinoamericano (Revista CTS, 2023)	Direccionalidad, participación, gobernanza	Centralidad de actores marginados; orientación a problemas locales	Tensión con lógicas de mercado y presiones de dependencia tecnológica
<i>Decenio Internacional de las Ciencias</i>	UNESCO (2024a)	Ciencia abierta, saberes locales, brecha de acceso	Reconocimiento de la pluralidad epistémica	Solo el 17 % de las metas ODS está encaminado; déficit de implementación

*Nota.* Tabla elaborada con base en Frahm et al. (2022), JRC (2022), Adenle et al. (2023), UNESCO (2024a) y Revista CTS (2023). Las tensiones identificadas reflejan las críticas y limitaciones señaladas por la propia literatura revisada, no evaluaciones externas al corpus analizado.

La lectura comparada de estos marcos de gobernanza revela que, a pesar de sus diferencias de origen y énfasis, todos convergen en un mismo reconocimiento fundamental: la ciencia y la tecnología no pueden contribuir al desarrollo sostenible en ausencia de estructuras de gobernanza que garanticen la participación de las comunidades afectadas, la orientación hacia problemas de relevancia social y la distribución equitativa de los beneficios del conocimiento. Las divergencias se sitúan en la radicalidad con que cada marco cuestiona las estructuras de poder existentes y en el alcance de las reformas institucionales que propone. Esta convergencia parcial y divergencia en profundidad es constitutiva del campo CTS contemporáneo y refleja las tensiones reales entre los intereses de los actores que participan en la gobernanza global de la innovación.

#### **2.4. Ciudadanía, saberes locales y pluralismo epistemológico**

La cuarta dimensión del análisis sitúa en primer plano un conjunto de perspectivas que desafían la hegemonía del conocimiento científico-tecnológico occidental como única fuente legítima de saber para el desarrollo sostenible. Este desafío no es antiintelectualista ni anticientífico; es epistémico y político. Sostiene que la diversidad de formas de conocimiento sobre los ecosistemas, los recursos naturales y las relaciones comunitarias que han desarrollado los pueblos indígenas y las comunidades locales a lo largo de siglos de experiencia acumulada constituye un patrimonio irremplazable para enfrentar los desafíos ambientales y sociales del presente, y que su exclusión de las políticas de CTI empobrece tanto la calidad como la pertinencia del conocimiento disponible.

La UNESCO ha adoptado una posición clara en este sentido. Al lanzar el Decenio Internacional de las Ciencias para el Desarrollo Sostenible, el organismo señaló que tanto los conocimientos indígenas, locales y tradicionales pueden inspirar a la ciencia y basarse en ella para lograr resultados concretos que promuevan los objetivos de desarrollo sostenible (UNESCO, 2024a). Esta declaración tiene implicaciones de largo alcance: significa que los sistemas de monitoreo ambiental, las estrategias de adaptación al cambio climático y los modelos de manejo sostenible de recursos naturales se beneficiarían de la integración activa de los saberes comunitarios antes que de su sustitución por

herramientas tecnológicas diseñadas desde los países centrales sin conocimiento de los contextos locales. La comunidad indígena que ha gestionado un ecosistema durante generaciones posee conocimientos sobre sus dinámicas, vulnerabilidades y capacidades de resiliencia que ninguna tecnología de sensores remotos puede replicar completamente.

La participación ciudadana en las decisiones sobre ciencia y tecnología es otra expresión de ese mismo imperativo de pluralismo epistémico. Chaparro-González y Méndez-Zamora (2022) subrayan que el enfoque CTS se orienta al análisis de las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, tanto en lo referido a los procesos de producción del conocimiento como a sus aplicaciones y distribución, reconociendo que la democratización del conocimiento CyT en el ámbito educativo es una de las claves centrales para la reapropiación social de la ciencia y la tecnología. Esa democratización no puede limitarse a comunicar la ciencia al público; exige crear mecanismos institucionales donde los ciudadanos puedan participar activamente en la definición de las prioridades de investigación, la evaluación de los riesgos tecnológicos y la determinación de los criterios de uso de las innovaciones.

El debate sobre los sistemas de monitoreo comunitario ofrece un ejemplo concreto de esa posibilidad. La UNESCO ha documentado experiencias donde comunidades indígenas y locales utilizan indicadores relevantes para sus propias necesidades, como la seguridad en la tenencia de la tierra, los cambios en el uso del suelo y la diversidad lingüística, para hacer seguimiento a la implementación de compromisos globales sobre biodiversidad y cambio climático (UNESCO, 2014). Estos sistemas de monitoreo participativo no solo producen datos localmente pertinentes que los sistemas convencionales de estadística no pueden capturar, sino que también fortalecen la capacidad de las comunidades para exigir rendición de cuentas a los gobiernos y empresas que afectan sus territorios. Son, en ese sentido, instrumentos de ciencia ciudadana con implicaciones políticas directas.

La relación entre ciencia, tecnología y género es otra arista de este pluralismo epistémico que la literatura más reciente ha colocado en un lugar prominente. La UNESCO registra que solo el treinta y tres por ciento de las investigaciones

científicas están a cargo de mujeres, lo que implica no solo una injusticia de equidad sino también un empobrecimiento del conocimiento producido por el sistema científico global, pues la exclusión de la perspectiva de la mitad de la humanidad genera sesgos sistemáticos en los problemas que se investigan, en las metodologías que se emplean y en los usos que se diseñan para las innovaciones (UNESCO, 2023). La Revista CTS (2024), en su dossier sobre género y tecnociencia, ha explorado estas cuestiones en el contexto iberoamericano, documentando cómo los sesgos de género en la inteligencia artificial y en los sistemas algorítmicos pueden reproducir y amplificar desigualdades estructurales cuando se aplican en educación, salud, empleo y justicia.

El papel de las universidades en este escenario merece una mención específica. Las instituciones de educación superior son actores fundamentales en la producción, la transmisión y la aplicación del conocimiento científico y tecnológico. Su responsabilidad ante el desarrollo sostenible no se agota en la investigación de excelencia medida por indicadores bibliométricos; exige también comprometer su función docente, su extensión universitaria y su gobernanza interna con los ODS (Tec de Monterrey, 2022). La Red Española para el Desarrollo Sostenible ha documentado que las universidades que asumen ese compromiso de manera integral, alineando sus estructuras de gobierno y sus políticas operativas con la Agenda 2030, se convierten en espacios de producción de conocimiento transformador que va más allá de la simple transferencia tecnológica para generar modelos de innovación social pertinentes y contextualmente situados.

## **Tabla 2**

*Tensiones epistemológicas y políticas en la relación CTS-desarrollo sostenible: perspectivas en confrontación*

<b>Dimensión de tensión</b>	<b>Perspectiva hegemónica</b>	<b>Perspectiva crítica CTS</b>	<b>Implicaciones para la política</b>
<i>Naturaleza del conocimiento</i>	Ciencia occidental como único saber válido para el desarrollo	Pluralismo epistémico: integración de saberes locales, indígenas y comunitarios	Diseño de políticas de CTI que reconozcan y articulen múltiples formas de conocimiento
<i>Orientación de la innovación</i>	Mercado y rentabilidad como criterio principal	Necesidades sociales y sostenibilidad como criterios prioritarios	Incentivos públicos para reorientar I+D hacia problemas de los

			sectores más vulnerables
<i>Participación social</i>	Expertos como únicos actores legítimos en decisiones tecnocientíficas	Ciudadanía activa como condición para una gobernanza democrática de la tecnología	Mecanismos institucionales de participación vinculante en política científica
<i>Distribución de beneficios</i>	Transferencia de tecnología desde el Norte al Sur como cooperación suficiente	Construcción de capacidades autónomas de CTI en el Sur	Políticas de CTI que prioricen la soberanía tecnológica de los países en desarrollo
<i>Evaluación del progreso</i>	PIB y productividad como indicadores centrales	Bienestar, equidad y sostenibilidad ambiental como marcos de evaluación	Incorporación de indicadores CTS-sostenibilidad en los sistemas de evaluación de políticas

*Nota.* Tabla elaborada con base en Frahm et al. (2022), Adenle et al. (2023), UNESCO (2024a), Chaparro-González y Méndez-Zamora (2022), Cantú Martínez (2019) y CEPAL (2021). Las perspectivas confrontadas reflejan debates genuinos presentes en la literatura revisada.

Esta segunda tabla sintetiza el paisaje de tensiones que atraviesa la relación entre el campo CTS y los imperativos del desarrollo sostenible, revelando que las disputas no son solo técnicas sino fundamentalmente políticas. La elección entre perspectivas hegemónicas y críticas no es neutral: define quién tiene poder para decidir qué se investiga, con qué métodos, para qué fines y con qué criterios de distribución de los resultados. La centralidad de estas elecciones para el futuro del desarrollo sostenible justifica la urgencia de incorporar los marcos CTS en la formación de quienes diseñan y evalúan las políticas de ciencia, tecnología e innovación.

## **2.5. Hacia una gobernanza tecnocientífica para la sostenibilidad: condiciones y desafíos**

El análisis de los ejes anteriores converge en una pregunta práctica e ineludible: ¿qué condiciones institucionales, políticas y culturales deben existir para que la relación entre ciencia, tecnología y sociedad pueda orientarse efectivamente hacia la sostenibilidad? Esta pregunta no admite respuestas universales ni recetas transferibles sin adaptación contextual, pero la literatura revisada permite identificar un conjunto de condiciones que aparecen de manera recurrente como necesarias, aunque no suficientes.

La primera condición es el compromiso político sostenido. Adenle et al. (2023) señalan que lograr los ODS requiere un sistema nacional de innovación que

fomente la implementación de un marco de CTI en el corazón de la política de gobierno. Esto implica ir mucho más allá de la retórica política sobre innovación y sostenibilidad para integrar la CTI en los procesos de planificación presupuestaria, regulación industrial y gestión territorial de manera coherente y sostenida. La UNESCO (2018) ha señalado que los países más estables invierten entre el 2.5 y el 3.5 por ciento de su PIB en sistemas sólidos de CTI, mientras que la meta del uno por ciento establecida para los países en desarrollo puede ser insuficiente para construir las capacidades necesarias. La brecha de inversión es también una brecha de posibilidades.

La segunda condición es la construcción de capacidades humanas e institucionales. La Cuarta Revolución Industrial, caracterizada por la automatización, la digitalización y la inteligencia artificial, está generando oportunidades sin precedentes pero también profundas disrupciones en los mercados laborales y en los modelos de organización social (Pacto Mundial ONU, 2023). Las instituciones educativas, y particularmente las universidades, tienen la responsabilidad de formar las generaciones que deberán navegar esas disrupciones con criterio crítico, competencia técnica y compromiso ético. Eso exige rediseñar los currículos universitarios para que incorporen no solo competencias técnicas en ciencia y tecnología sino también marcos de comprensión sobre las implicaciones sociales y ambientales del cambio tecnocientífico, incluyendo las perspectivas CTS como herramientas conceptuales imprescindibles (Centeno de López et al., 2022).

La tercera condición, quizás la más compleja, es la construcción de confianza entre la ciencia y la sociedad. La UNESCO ha señalado que restaurar la confianza en la ciencia es un imperativo, no una opción, en un mundo que enfrenta la desconfianza creciente hacia las instituciones y la proliferación de desinformación (UNESCO, 2024a). Esta confianza no se reconstruye con campañas de comunicación científica unidireccionales sino con prácticas de ciencia abierta, transparencia en la producción y publicación del conocimiento, y mecanismos genuinos de participación ciudadana en las decisiones sobre qué investigar y cómo hacerlo. La JRC ha mostrado que los enfoques de especialización inteligente que incorporan procesos participativos inclusivos

producen políticas de innovación más pertinentes y más capaces de generar adhesión social (JRC, 2022).

La cuarta condición remite a las alianzas multiactor. La complejidad de los desafíos de sostenibilidad excede la capacidad de cualquier actor por separado, sea el Estado, la academia, el sector privado o la sociedad civil. Adenle et al. (2023) documentaron, a través de una encuesta internacional con perspectivas de actores múltiples que incluyó académicos, responsables de políticas, donantes, sector privado y organizaciones no gubernamentales, que la colaboración entre estos actores alrededor de problemas específicos, como el acceso a energía, la seguridad alimentaria o la adaptación climática, es una condición necesaria para que la innovación tecnocientífica produzca impactos sostenibles.

### **III. Conclusiones**

El recorrido realizado a través de los fundamentos epistemológicos del campo CTS, las condiciones de la transformación tecnocientífica sostenible, las asimetrías estructurales de la gobernanza del conocimiento y los imperativos del pluralismo epistémico permitió construir una comprensión más compleja y crítica de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad en el horizonte del desarrollo sostenible.

En la primera dimensión, quedó establecido que los estudios CTS ofrecen un marco conceptual imprescindible para desnaturalizar la producción del conocimiento tecnocientífico, revelando que las orientaciones de la ciencia y la tecnología no responden a una lógica interna de progreso sino a configuraciones históricas de poder, interés y valor. La tradición latinoamericana del PLACT, recuperada por Chaparro-González y Méndez-Zamora (2022), mostró que esa desnaturalización tiene implicaciones directas para la política científica: si la ciencia es una construcción social, puede y debe ser reorientada democráticamente hacia los problemas de las mayorías.

En la segunda dimensión, el análisis confirmó que la ciencia, la tecnología y la innovación pueden efectivamente constituirse en instrumentos de transformación sostenible, pero bajo condiciones específicas que no se crean espontáneamente. Adenle et al. (2023) y la CEPAL (2021, 2024) coincidieron en señalar que esas condiciones incluyen compromisos políticos sostenidos, inversión en capacidades, alianzas multiactor y orientación hacia las necesidades de los sectores más vulnerables. Sin esas condiciones, la innovación tecnológica puede profundizar antes que reducir las desigualdades existentes.

En la tercera dimensión, la revisión de los marcos de gobernanza de la CTI para los ODS reveló que las asimetrías Norte-Sur en la producción y el control del conocimiento constituyen una barrera estructural de primera magnitud para el desarrollo sostenible. Frahm et al. (2022), la UNESCO (2024a) y el PNUD documentaron distintos planos de esa asimetría, desde la distribución del financiamiento de la investigación hasta la brecha digital y la subrepresentación de las mujeres en la ciencia, señalando que ninguna de ellas puede corregirse sin políticas redistributivas y de gobernanza que afecten las estructuras de poder que las generan.

En la cuarta y quinta dimensiones, el análisis mostró que el reconocimiento del pluralismo epistémico y la participación ciudadana no son concesiones filosóficas a la diversidad cultural sino condiciones prácticas para la pertinencia, la eficacia y la legitimidad democrática de las políticas de CTI. La integración de los saberes locales e indígenas, la perspectiva de género en la producción científica y los mecanismos genuinos de participación ciudadana se revelaron como componentes indispensables de una gobernanza tecnocientífica orientada a la sostenibilidad.

El aporte global de este análisis reside en haber mostrado que la pregunta por la relación entre ciencia, tecnología y sociedad en el contexto del desarrollo sostenible es irreductiblemente política: atañe a decisiones sobre quién produce el conocimiento, para qué fines, con qué criterios de distribución y bajo qué mecanismos de control democrático. Las implicaciones conceptuales son claras: no es posible construir un modelo de desarrollo sostenible sobre la base de

sistemas tecnocientíficos que reproducen las asimetrías del orden global. La transformación que los ODS demandan requiere, simultáneamente, más y mejor ciencia y tecnología, y estructuras de gobernanza más democráticas, inclusivas y pluralistas que garanticen que ese conocimiento sirva al bien común antes que a los intereses de quienes ya controlan el sistema.

### Referencias bibliográficas

- Adenle, A. A., De Steur, H., Mwongera, C., Rola-Rubzen, F., de Barcellos, M. D., Vivanco, D. F., y otros. (2023). Global UN 2030 agenda: How can Science, Technology and Innovation accelerate the achievement of Sustainable Development Goals for all? *PLOS Sustainability and Transformation*, 2(10), e0000085. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000085>
- Cantú Martínez, P. C. (2019). Ciencia y tecnología para un desarrollo perdurable. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 21, 1-10. <https://doi.org/10.24320/redie.2019.21.e07.1906>
- CEPAL. (2021). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46816-tecnologias-digitales-un-nuevo-futuro>
- CEPAL. (2024). *Eficiencia energética en la transición sostenible e inclusiva en América Latina y el Caribe*. División de Recursos Naturales. [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/estudio\\_eficiencia\\_energetica\\_alc\\_cepal.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/estudio_eficiencia_energetica_alc_cepal.pdf)
- Centeno de López, Y., Villegas, D., y Fuenmayor, L. (2022). Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la investigación universitaria. *Revista de Ciencias Sociales*, 28(1), 1-17. <https://portal.amelica.org/ameli/journal/480/4803363005>
- Chaparro-González, F., y Méndez-Zamora, G. (2022). El enfoque CTS para la enseñanza de las ciencias: una clave para la democratización del conocimiento científico y tecnológico. *Voces en el Fénix*, 89, 1-12. <https://vocesenelfenix.economicas.uba.ar>

Frahm, N., Doezema, T., y Pfothenauer, S. (2022). Fixing technology with society: The coproduction of democratic deficits and responsible innovation at the OECD and the European Commission. *Science, Technology, & Human Values*, 47(2), 399-432. <https://doi.org/10.1177/0162243921999100>

García Palacios, E. M., González Galbarte, J. C., López Cerezo, J. A., Luján López, J. L., Martín Gordillo, M., Osorio, C., y Valdés, C. (2001). *Ciencia, tecnología y sociedad: una aproximación conceptual*. OEI.

Jiménez Cazar, B. N., Gómez Moyano, J. A., Ramírez Ruiz, J. L., y Vera García, J. A. (2025). Impacto de las tecnologías de energía renovable en la mitigación del cambio climático: una revisión de literatura de los últimos 5 años. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3), 1504-1523. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i3.17760](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.17760)

Joint Research Centre (JRC), Comisión Europea. (2022). *Science, Technology and Innovation for Achieving the SDGs: Guidelines for Policy Formulation*. UNIDO. [https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-06/ONLINE\\_STI\\_SGDs\\_GUIDELINES\\_EN\\_v3\\_0.pdf](https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-06/ONLINE_STI_SGDs_GUIDELINES_EN_v3_0.pdf)

López Cerezo, J. A. (s.f.). Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 41-68. <https://rieoei.org/historico/oeivirt/rie18a02.htm>

Naciones Unidas. (2022). *Nuestra Agenda Común: Informe del Secretario General*. <https://www.un.org/es/common-agenda/sustainable-development-goals>

PNUD. (2024). *¿Qué es la transición hacia una energía sostenible y por qué es clave para combatir el cambio climático?* Climate Promise. <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/que-es-la-transicion-hacia-una-energia-sostenible>

PNUD. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

Revista CTS. (2023). Innovación inclusiva en América Latina: análisis de las dimensiones de direccionalidad, participación y gobernanza. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 18(54), 11-33.

Revista CTS. (2024). Injusticia algorítmica: sesgos de género en la inteligencia artificial y retos éticos y educativos. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 19(57), 1-25. <https://ojs.revistacts.net>

Santiago Vivanco, R., y Mendoza Jiménez, E. (2024). Innovación tecnológica para la sostenibilidad en América Latina. *Urbanismo y Democracia*, 4(4). <https://doi.org/10.54188/UD/04/A/12>

Tec de Monterrey, Observatorio del Instituto para el Futuro de la Educación. (2022). *La Agenda 2030 y el papel de las universidades latinoamericanas*. <https://observatorio.tec.mx/rol-de-las-universidades-agenda2030/>

UNESCO. (2023). *La importancia de la educación en ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible*. <https://www.unesco.org/es/articles/la-importancia-de-la-educacion-en-ciencia-y-tecnologia-para-el-desarrollo-sostenible>

UNESCO. (2024a). *La UNESCO lanza el Decenio Internacional de la Ciencia para el Desarrollo Sostenible (2024-2033)*. <https://www.unesco.org/es/articles/la-unesco-lanza-el-decenio-internacional-de-la-ciencia-para-el-desarrollo-sostenible-2024-2033>

UNESCO. (2014). *Science, Technology and Innovation: Critical Means of Implementation for the Sustainable Development Goals*. <https://www.unesco.org/en/articles/science-technology-and-innovation-critical-means-implementation-sustainable-development-goals>

# METODOLOGÍAS EMERGENTES EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

*Emerging methodologies in scientific and technological research*

## ***Autores del Capítulo:***

**María Daniela García García <sup>1</sup>**

*Universidad Agraria del Ecuador*

*mgarcia@uagraria.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0001-0852-2597>*

**Leonardo Jesús Vasco Delgado <sup>2</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*leonardo.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0001-1358-4899>*

**Jherson Paúl Paucar Moreno <sup>3</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*jherson.paucarm@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0003-5182-363X>*

**Juan Carlos Vasco Delgado <sup>4</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*juan.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0003-0587-9758>*

**Geovanny Francisco Ruiz Muñoz <sup>5</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*geovanny.ruizm@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0001-7529-6342>*

## **Resumen**

Las metodologías emergentes en la investigación científica y tecnológica representan una respuesta epistemológica y práctica a la creciente complejidad de los fenómenos que la ciencia contemporánea se propone comprender y transformar. Este capítulo examina, desde una perspectiva crítica e integradora, las principales transformaciones que están reconfigurando el paisaje metodológico de la investigación en las ciencias naturales, sociales y tecnológicas. A través de cuatro categorías analíticas, se analizan los fundamentos epistemológicos que justifican la emergencia de nuevas metodologías ante las limitaciones de los enfoques convencionales; la consolidación de los métodos mixtos como respuesta a la insuficiencia de los paradigmas puramente cuantitativos o cualitativos; la irrupción de la ciencia de datos, el big data y el procesamiento de lenguaje natural como nuevas fronteras metodológicas para el estudio de fenómenos sociales y naturales a gran escala; y el Design Thinking y la Investigación Acción Participativa como metodologías orientadas a la producción de conocimiento con impacto social directo. Se concluye que la emergencia metodológica no implica la obsolescencia de los enfoques tradicionales sino su apertura, enriquecimiento y complementación a través de marcos que reconocen la complejidad ontológica de los fenómenos estudiados y la naturaleza contextualmente situada de la producción del conocimiento científico.

**Palabras clave:** metodologías emergentes, métodos mixtos, ciencia de datos, big data, Design Thinking, investigación acción participativa, epistemología de la investigación

## **Abstract**

Emerging methodologies in scientific and technological research represent an epistemological and practical response to the growing complexity of the phenomena that contemporary science seeks to understand and transform. This chapter examines, from a critical and integrative perspective, the main transformations reconfiguring the methodological landscape of research in the natural, social, and technological sciences. Through four analytical categories, the chapter analyzes the epistemological foundations justifying the emergence of new methodologies in response to the limitations of conventional approaches; the consolidation of mixed methods as a response to the insufficiency of purely quantitative or qualitative paradigms; the irruption of data science, big data, and natural language processing as new methodological frontiers for studying social and natural phenomena at scale; and Design Thinking and Participatory Action Research as methodologies oriented toward the production of knowledge with direct social impact. It is concluded that methodological emergence does not imply the obsolescence of traditional approaches but their opening, enrichment, and complementation through frameworks that recognize the ontological complexity of the phenomena studied and the contextually situated nature of scientific knowledge production.

**Keywords:** emerging methodologies, mixed methods, data science, big data, Design Thinking, participatory action research, epistemology of research

## I. Introducción

La metodología de la investigación científica no es una estructura neutra y permanente al servicio de la ciencia: es ella misma una construcción histórica, atravesada por supuestos epistemológicos, por condiciones institucionales y por relaciones de poder que determinan qué tipos de preguntas pueden formularse, qué tipos de evidencia se consideran válidos y qué actores pueden participar legítimamente en el proceso de producción del conocimiento. Entender la metodología como construcción histórica, y no como conjunto atemporal de procedimientos técnicos, es condición indispensable para comprender por qué emergen nuevas metodologías en momentos específicos, qué problemas vienen a resolver y qué transformaciones epistemológicas más profundas señalan o anticipan.

El paisaje metodológico de la investigación científica y tecnológica se está reconfigurando de manera acelerada en la primera mitad del siglo XXI, impulsado por al menos tres fuerzas convergentes. La primera es la complejidad creciente de los fenómenos que la ciencia debe abordar: el cambio climático, las pandemias, la desigualdad digital y la transformación del trabajo son problemas que no encajan en las fronteras disciplinares ni en los diseños experimentales controlados que dominaron la metodología positivista del siglo XX. La segunda fuerza es la transformación tecnológica que ha creado, de manera relativamente repentina, posibilidades metodológicas sin precedentes: el procesamiento de volúmenes de datos imposibles de manejar con herramientas analíticas convencionales, la simulación computacional de sistemas complejos y el análisis de fenómenos que se producen y dejan rastros en entornos digitales son todas oportunidades metodológicas nuevas cuyas implicaciones epistemológicas aún se están elaborando. La tercera fuerza es la demanda social de un conocimiento más pertinente, más participativo y más orientado a la transformación de las condiciones de vida de las comunidades que lo producen, una demanda que ha impulsado el desarrollo de metodologías participativas, colaborativas y orientadas al diseño que desafían la separación convencional entre investigador y sujeto de investigación.

La literatura metodológica de las últimas décadas ha respondido a esas presiones con una proliferación de propuestas que el debate académico aún está clasificando y evaluando. Términos como métodos mixtos, investigación basada en diseño, ciencias sociales computacionales, big data, Design Thinking, investigación acción participativa y etnografía digital circulan en los programas de posgrado y en las convocatorias de financiamiento científico con frecuencia creciente, pero no siempre con la precisión conceptual necesaria para evaluar cuándo cada enfoque es epistemológicamente apropiado y qué condiciones se requieren para implementarlo de manera rigurosa. La proliferación terminológica puede ser tanto síntoma de vitalidad metodológica como de confusión conceptual, y distinguir entre ambas requiere un análisis que vaya más allá de las etiquetas para examinar los supuestos epistemológicos, los procedimientos concretos y las condiciones de validez de cada enfoque emergente.

Este capítulo no pretende ser un catálogo exhaustivo de todas las metodologías emergentes, tarea imposible dado el ritmo de desarrollo del campo. Su objetivo es más modesto y conceptualmente más productivo: examinar con rigor y perspectiva crítica cuatro líneas de innovación metodológica que, por su relevancia, su alcance y su potencial para transformar la práctica investigativa en ciencias naturales, sociales y tecnológicas, merecen un análisis detenido. El recorrido parte de los fundamentos epistemológicos que justifican la emergencia de nuevas metodologías, pasa por la consolidación de los métodos mixtos como respuesta paradigmática a la insuficiencia de los enfoques puros, examina la irrupción de la ciencia de datos y el big data como nueva frontera metodológica, y culmina con el Design Thinking y la Investigación Acción Participativa como expresiones de una metodología orientada al impacto social. A través de ese recorrido, emerge una comprensión articulada de por qué la innovación metodológica importa tanto como la innovación teórica para el avance del conocimiento científico.

## **II. Desarrollo**

### **2.1. Fundamentos epistemológicos de la emergencia metodológica: de la simplicidad a la complejidad**

La emergencia de nuevas metodologías en la investigación científica y tecnológica no puede entenderse sin referencia al debate epistemológico más amplio sobre los límites del paradigma positivista que dominó la práctica científica durante la mayor parte del siglo XX. Ese paradigma, construido sobre los principios de la objetividad del observador, la verificación empírica como criterio de validez, la medición como procedimiento privilegiado y la generalización estadística como horizonte del conocimiento científico, produjo avances extraordinarios en los campos donde sus supuestos eran apropiados, pero encontró límites igualmente significativos cuando se intentó aplicar a fenómenos complejos, contextualmente situados y cualitativamente heterogéneos que no pueden reducirse a variables medibles sin perder lo más relevante de su naturaleza.

La distinción epistemológica entre metodologías cuantitativas, cualitativas y emergentes, que la literatura metodológica ha elaborado con creciente precisión en las últimas décadas, refleja diferencias no solo en los procedimientos técnicos sino en los supuestos ontológicos y epistemológicos que los fundamentan. Las metodologías cuantitativas parten de supuestos realistas y positivistas: asumen que la realidad existe de manera independiente del observador, que puede ser medida con precisión y que las regularidades observadas en muestras representativas pueden generalizarse a poblaciones más amplias. Las metodologías cualitativas, por su parte, parten de supuestos interpretativos y constructivistas: asumen que la realidad social se construye en la interacción y el significado, que no puede comprenderse mediante la medición sino mediante la interpretación, y que la comprensión en profundidad de casos particulares puede ser más valiosa que la generalización estadística. Las metodologías emergentes, en este contexto, no representan simplemente un tercer tipo sino una familia de enfoques que reconocen la insuficiencia de cualquier paradigma único y buscan formas de articular perspectivas epistemológicamente distintas en función de la naturaleza de los problemas investigados (Redalyc, Cientificidad metodologías, 2022).

El análisis de las tecnologías emergentes y convergentes, que incluye biotecnología, nanotecnología, tecnologías de la información y genómica, ha evidenciado con particular claridad los límites de los enfoques metodológicos

convencionales. Analizar estas tecnologías y sobrepasar los límites que presentan los esquemas clásicos de indicadores sobre ciencia y tecnología requiere de metodologías diseñadas específicamente que permitan capturar las particularidades de los contextos y de las tecnologías en estudio, considerando además el carácter dinámico de estas tecnologías, ya que cada vez es más frecuente la preocupación de analizar y calificar su desarrollo mientras este sucede (Amaro-Rosales y Robles-Belmont, 2020). Esta demanda de metodologías ad hoc para fenómenos emergentes y transversales es expresión de un problema epistemológico más profundo: los sistemas de recolección de información diseñados para tecnologías maduras y sectores productivos consolidados son estructuralmente inadecuados para capturar los procesos de innovación en fronteras tecnológicas donde las categorías analíticas disponibles preceden a los fenómenos que pretenden describir.

La noción de modo 2 de producción de conocimiento, propuesta por Gibbons, Limoges, Nowotny y otros colaboradores en los años noventa, ofrece un marco conceptual útil para comprender por qué la emergencia metodológica no es un fenómeno accidental sino una respuesta estructural a transformaciones en las condiciones de producción del conocimiento. Frente al modo 1 de producción disciplinar, que genera conocimiento dentro de los marcos disciplinares establecidos, orientado por la curiosidad académica y evaluado por pares de la misma comunidad disciplinar, el modo 2 produce conocimiento en el contexto de su aplicación, con participación de múltiples actores no solo académicos, orientado por criterios de relevancia social además de excelencia científica y evaluado por criterios que incluyen la pertinencia práctica y el impacto sobre los problemas que motivaron la investigación. Las nuevas metodologías emergentes son, en su mayoría, metodologías de modo 2: han sido desarrolladas precisamente para hacer posible ese tipo de producción de conocimiento transdisciplinar, orientado a problemas y socialmente responsable.

La triangulación metodológica, entendida no como simple uso simultáneo de varios métodos sino como estrategia epistémica para contrastar las limitaciones de un enfoque con las fortalezas de otro, representa uno de los principios metodológicos más consolidados de la investigación emergente. Feria y Mantilla (2019, citados en Redalyc, Gestión, s.f.) conciben la triangulación metodológica

como apuntes para una conceptualización que va más allá de la suma de técnicas para proponer una lógica de complementación donde la convergencia de perspectivas diferentes sobre el mismo fenómeno produce una comprensión más robusta que cualquiera de ellas por separado. Esta lógica de complementación es también la base epistemológica de los métodos mixtos, cuya consolidación como paradigma metodológico propio representa uno de los avances más significativos de la investigación contemporánea.

## **2.2. La consolidación de los métodos mixtos: más allá de la falsa dicotomía cuantitativo-cualitativo**

La dicotomía entre investigación cuantitativa y cualitativa, que durante décadas fue presentada en los manuales de metodología como una elección fundamental de paradigma con implicaciones inconmensurables para la práctica investigativa, ha cedido progresivamente ante la evidencia de que los fenómenos más relevantes de la realidad social y natural requieren de ambos tipos de comprensión: la medición de magnitudes y la comprensión de significados, la generalización estadística y la interpretación contextual, el qué y el cómo y el por qué. Los diseños de métodos mixtos han emergido como respuesta a esa necesidad, construyendo una lógica de integración que va más allá de la simple yuxtaposición de técnicas cuantitativas y cualitativas para proponer una articulación genuina que produzca comprensiones que ninguno de los dos enfoques podría generar de manera independiente.

La distinción entre los tres tipos de diseño más consolidados en la literatura de métodos mixtos, el diseño secuencial explicativo, el diseño secuencial exploratorio y el diseño concurrente o convergente, es importante tanto metodológicamente como para la comunicación académica de los resultados de investigación. En el diseño secuencial explicativo, la fase cuantitativa precede a la cualitativa y la segunda sirve para explicar o profundizar en los resultados de la primera: los datos estadísticos identifican patrones o anomalías que los datos cualitativos ayudan a comprender en su riqueza contextual. En el diseño secuencial exploratorio, la fase cualitativa precede a la cuantitativa y sirve para construir los instrumentos de medición que la segunda utilizará: la comprensión en profundidad de un fenómeno poco estudiado orienta el diseño de los

cuestionarios o las escalas que permitirán medir su distribución en poblaciones más amplias. En el diseño concurrente o convergente, ambas fases se desarrollan simultáneamente y sus resultados se integran en el análisis final para producir una comprensión que incorpora tanto la magnitud como el significado del fenómeno estudiado (LATAM, 2025).

Un análisis metodológico reciente que contrastó rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas a partir de tres estudios concretos, evaluación de microcrédito, resiliencia docente en pandemia y un diseño secuencial QUAN-QUAL, encontró que lo cuantitativo estima magnitudes y contrasta hipótesis con precisión, pero enfrenta límites ante la heterogeneidad contextual; lo cualitativo explica mecanismos como identidad profesional, agencia y redes y orienta ajustes de implementación; y lo mixto integra ambas lecturas, traduciendo diferencias estadísticamente significativas en decisiones socialmente comprensibles (LATAM, 2025). Esta caracterización es epistemológicamente precisa y tiene implicaciones directas para el diseño de investigaciones en el campo educativo, social y tecnológico: ningún método es suficiente en sí mismo y la elección debe responder a la naturaleza de la pregunta y al tipo de conocimiento que se busca producir, no a preferencias paradigmáticas previas.

La investigación basada en diseño, Design-Based Research, representa una expresión particularmente sofisticada de los métodos mixtos aplicados a la investigación educativa y tecnológica. Guisasola (2024) documenta que este enfoque combina instrumentos cuantitativos orientados a variables con otros cualitativos basados en la justificación mediante la argumentación, precisamente porque el objeto de la investigación, los procesos de aprendizaje en contextos reales de enseñanza, no puede capturarse adecuadamente mediante variables aisladas sino como patrones de cambio que justifican los procesos causales. La investigación de diseño se encuentra más cercana al enfoque etnográfico que al experimental porque reconoce la complejidad de los entornos educativos, y esa proximidad epistemológica con la etnografía es precisamente lo que la distingue de los ensayos controlados aleatorios que dominan la investigación médica y que algunos defensores del paradigma de la medicina basada en la evidencia han intentado importar al campo educativo con resultados metodológicamente cuestionables.

La tensión entre las presiones de las agencias de evaluación y los sistemas de publicación académica, que siguen favoreciendo los diseños experimentales y los enfoques estadísticos como estándar de rigor científico, y las exigencias epistemológicas de los fenómenos complejos que demandan enfoques cualitativos y mixtos, es una de las tensiones estructurales más persistentes en la práctica metodológica contemporánea. Las revistas de alto índice de impacto en muchos campos siguen privilegiando diseños cuantitativos con grandes muestras estadísticas sobre diseños cualitativos rigurosos con muestras intencionales más pequeñas, produciendo lo que algunos metodólogos han denominado sesgos de publicación con consecuencias distorsionantes sobre el tipo de conocimiento que la comunidad científica considera válido (Guisasola, 2024). Superar esas tensiones requiere no solo innovación metodológica sino también transformaciones en los sistemas de evaluación que reconozcan la validez de diferentes criterios de rigor para diferentes tipos de preguntas y diseños de investigación.

### **2.3. Ciencia de datos, big data y procesamiento de lenguaje natural: nuevas fronteras y nuevos dilemas metodológicos**

La irrupción del big data como fuente de datos y de la inteligencia artificial como herramienta de análisis ha producido, en la primera mitad del siglo XXI, la transformación metodológica más significativa en la historia reciente de las ciencias sociales y humanas, comparable en su alcance a la revolución estadística del siglo XX. La capacidad de procesar volúmenes de datos producidos por millones de personas en plataformas digitales, de analizar textos masivos mediante técnicas de procesamiento de lenguaje natural y de identificar patrones en grandes conjuntos de datos heterogéneos que ningún analista humano podría examinar de manera manual ha abierto posibilidades metodológicas genuinamente nuevas para el estudio de fenómenos sociales a gran escala y casi en tiempo real (Gualda y Rebollo, 2023).

La especificidad conceptual del big data en las ciencias sociales radica en su naturaleza como confluencia de tres elementos: los medios sociales en internet como fuente principal de datos, los métodos de análisis computacional como procedimientos privilegiados y los grandes volúmenes de información como

condición de posibilidad y como desafío metodológico simultáneo. Frente a las muestras probabilísticas que permiten que todos los elementos de la población tengan la probabilidad de ser seleccionados, en el área del big data difícilmente se puede contar con muestras de este tipo porque los datos disponibles son producidos por quienes tienen acceso a las plataformas digitales y están dispuestos a participar activamente en ellas, lo que introduce sesgos sistemáticos de cobertura que deben reconocerse y gestionarse metodológicamente (Gualda, 2022). Esta limitación estructural del big data no lo invalida como fuente de conocimiento científico, pero exige que los investigadores que lo utilizan sean explícitos sobre sus implicaciones para la representatividad y la generalización de sus hallazgos.

Taboada Villamarín (2024) ha sistematizado con claridad pedagógica los procesos metodológicos típicos en la investigación con big data en ciencias sociales, que incluyen la recolección y almacenamiento de grandes volúmenes de datos textuales, la limpieza y preprocesamiento mediante técnicas de tokenización, lematización y eliminación de términos irrelevantes, el análisis mediante algoritmos de aprendizaje automático como el modelado de tópicos o la clasificación automática de textos, y la interpretación de los resultados en clave de las preguntas teóricas que motivaron la investigación. Esta secuencia es más compleja de lo que la retórica entusiasta sobre los big data suele reconocer, porque en cada paso se toman decisiones que tienen consecuencias para la validez de los resultados y que requieren justificación metodológica explícita antes que la simple confianza en el poder de los algoritmos.

El procesamiento de lenguaje natural, o PLN, ha ampliado enormemente las posibilidades metodológicas del análisis de textos en las ciencias sociales y las humanidades. Técnicas como el modelado de tópicos, que permite identificar de manera automatizada los temas predominantes en grandes corpus textuales sin necesidad de codificación manual, o el análisis de sentimientos, que clasifica automáticamente la orientación emocional de los textos, han hecho posible el análisis de fenómenos discursivos a una escala que habría sido inaccesible para los métodos cualitativos convencionales. El análisis del negacionismo en Twitter durante la pandemia de COVID-19 en España ilustra ese potencial: al procesar automáticamente miles de publicaciones, fue posible identificar patrones de

difusión, actores clave y marcos narrativos que habrían requerido años de análisis manual o que simplemente no habrían podido estudiarse de manera sistemática (Gualda, 2022). Sin embargo, el mismo caso ilustra también las limitaciones del PLN: las ironías, los sarcasmos, los contextos culturales específicos y las ambigüedades semánticas que cualquier lector humano competente interpreta con facilidad siguen siendo desafíos significativos para los sistemas de procesamiento computacional del lenguaje.

La combinación de etnografía y técnicas de minería de grandes conjuntos de textos representa uno de los desarrollos metodológicos más prometedores en el campo de la investigación social computacional. Algunos autores han defendido esta combinación para enfatizar las fortalezas y abordar las debilidades de cada enfoque: la etnografía aporta comprensión contextual profunda, sensibilidad a los significados locales y capacidad de interpretar la complejidad de la acción social; la minería de textos aporta escala, sistematicidad y capacidad de identificar patrones en volúmenes de datos que ningún etnógrafo individual podría examinar exhaustivamente (Gualda y Rebollo, 2023). Esta complementación no es simplemente técnica sino epistemológica: responde a la comprensión de que los fenómenos sociales tienen dimensiones que solo pueden comprenderse en profundidad y dimensiones que solo pueden comprenderse a escala, y que la producción de conocimiento socialmente relevante requiere de ambas.

**Tabla 1**

*Metodologías computacionales emergentes en investigación científica y social: potencial, limitaciones y condiciones de rigor*

<b>Metodología computacional</b>	<b>Aplicaciones documentadas</b>	<b>Ventajas epistemológicas</b>	<b>Limitaciones identificadas</b>	<b>Condiciones de rigor metodológico</b>
<i>Análisis de big data en redes sociales</i>	Estudio del negacionismo en Twitter; análisis de movimientos sociales en tiempo real; seguimiento de epidemias mediante redes digitales	Escala masiva; datos en tiempo real; sin mediación del investigador en la producción de los datos	Sesgos de cobertura; sobrerrepresentación de usuarios activos; problemas de representatividad estadística	Explicitación de los sesgos de cobertura; triangulación con fuentes convencionales; justificación de los límites de generalización

<i>Procesamiento de lenguaje natural</i>	Modelado de tópicos en grandes corpus; análisis de sentimientos; clasificación automática de textos	Análisis de grandes corpus imposibles de examinar manualmente; sistematicidad; reproducibilidad	Dificultades con ironía, sarcasmo y ambigüedad semántica; dependencia de los datos de entrenamiento; opacidad de los modelos complejos	Validación cualitativa de muestras de los resultados computacionales; transparencia sobre los algoritmos utilizados
<i>Ciencia de datos para humanidades</i>	Historia digital (análisis de corpus periodísticos, redes de correspondencia); análisis bibliométrico; visualización de patrones culturales	Apertura de nuevas preguntas imposibles de formular con metodologías convencionales; análisis transnacional y multilingüe	Riesgo de reduccionismo empirista; dificultad de integrar el análisis computacional con la interpretación histórica y cultural	Diseños mixtos que combinen análisis computacional con interpretación cualitativa experta
<i>Modelado y simulación computacional</i>	Modelado climático; epidemiología computacional; simulación de sistemas económicos complejos	Capacidad de modelar sistemas con muchas variables interactuantes; posibilidad de escenarios contrafactuales	Sensibilidad de los resultados a los supuestos del modelo; riesgo de confundir el modelo con la realidad	Análisis de sensibilidad; validación empírica de los modelos; comunicación transparente de los supuestos

*Nota.* Tabla elaborada con base en Gualda (2022), Gualda y Rebollo (2023), Taboada Villamarín (2024), Amaro-Rosales y Robles-Belmont (2020) y Manrique-Gómez y Borja Gómez (Redalyc, 2024). Las condiciones de rigor metodológico reflejan los señalamientos presentes en la literatura analizada.

El debate epistemológico más profundo que subyace a la irrupción del big data en las ciencias sociales concierne a la relación entre datos y teoría. Anderson propuso de manera provocativa en 2008 que los petabytes de datos hacen posible afirmar que la correlación es suficiente y que la ciencia puede avanzar sin modelos coherentes ni teorías unificadas. Esta posición, que el análisis de los tipos de big data ha cuestionado con rigor, señala uno de los riesgos más serios de la investigación computacional sin anclaje teórico: es una cosa identificar las regularidades dentro de los datos y otra descubrir los mecanismos que las generan, y esta última operación no puede hacerse sin una teoría y un conocimiento profundo del problema investigado (Redalyc, Tipos de big data, 2022). La ciencia de datos sin teoría produce descripciones a gran escala; la ciencia de datos orientada por teorías produce explicaciones que avanzan el conocimiento.

## **2.4. Design Thinking e Investigación Acción Participativa: metodologías orientadas al impacto social**

Las metodologías orientadas al impacto social representan una familia de enfoques que comparte una característica epistemológica fundamental: rechazan la separación convencional entre el investigador y el objeto de investigación para proponer formas de producción de conocimiento donde los actores afectados por los problemas investigados participan activamente en la definición de las preguntas, en la recolección y análisis de los datos y en el diseño de las soluciones. Esta participación no es meramente estratégica, orientada a aumentar la pertinencia de los resultados, sino epistemológica: asume que los saberes experienciales de las personas y comunidades son fuentes legítimas de conocimiento científico que los investigadores académicos no pueden sustituir ni ignorar sin empobrecer sustancialmente la comprensión del fenómeno estudiado.

El Design Thinking, desarrollado como metodología de diseño centrado en el usuario en las décadas de los sesenta y setenta, y popularizado como metodología de innovación empresarial y académica desde los años noventa a través de la Escuela de Diseño de Stanford y la firma de consultoría IDEO, ha experimentado una expansión significativa hacia el campo de la investigación científica y social en los últimos años. Su estructura de cinco fases, empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar, propone un proceso iterativo de comprensión profunda de los usuarios y sus necesidades, definición precisa del problema a resolver, generación creativa de soluciones posibles, materialización de las ideas en prototipos evaluables y validación de esas soluciones con los actores involucrados (Redalyc, Design Thinking guía, s.f.). Lo que distingue al Design Thinking de otros enfoques de resolución de problemas es su énfasis simultáneo en la comprensión empática de las necesidades humanas, el pensamiento abductivo que genera soluciones novedosas por analogía y creatividad antes que por deducción lógica, y la cultura de la iteración que acepta el fracaso temprano como parte indispensable del proceso de aprendizaje.

La aplicación del Design Thinking a la investigación cualitativa representa una extensión metodológica que va más allá de su uso original en diseño de

productos y servicios. González-Bañales y Ortíz Parga (citados en ResearchGate, 2016) documentaron una experiencia de aplicación de las herramientas del DT a una tesis doctoral como soporte al proceso de identificación del problema, el objeto de estudio, el contexto y la primera aproximación al modelo de investigación. Esta aplicación resultó productiva precisamente porque el DT es un enfoque para la investigación de problemas débilmente definidos, centrado en las personas y orientado a la generación iterativa de comprensiones que se refinan a través del contacto sostenido con los actores del problema. Esas características lo hacen metodológicamente apropiado para la etapa exploratoria de investigaciones en dominios complejos donde el investigador no puede asumir de antemano que comprende con suficiente profundidad las dimensiones relevantes del fenómeno que estudia.

La aplicación del Design Thinking a la prevención de la violencia basada en género en contexto universitario, documentada por Redalyc (2022), ilustra cómo este enfoque puede articularse con la investigación-acción para producir conocimiento con impacto social directo. La combinación del proceso de DT con el enfoque de investigación-acción permitió involucrar a los estudiantes de manera participativa en la reflexión sobre la violencia basada en género en su contexto universitario y en la generación de propuestas de intervención a partir de sus necesidades y experiencias. El proceso de DT permitió generar un proceso de investigación innovador al considerar como protagonistas del proceso a los participantes, ya que el eje fundamental para el diseño de las estrategias de intervención fueron sus necesidades y experiencias (Redalyc, DT prevención VBG, 2022). Esta articulación entre empatía metodológica y participación genuina de los sujetos de investigación como productores de conocimiento es precisamente lo que distingue al DT orientado a la investigación social del DT orientado solo al diseño de productos comerciales.

La Investigación Acción Participativa, cuyos fundamentos teóricos se remontan a Kurt Lewin en los años cuarenta y cuya versión latinoamericana está estrechamente asociada a las contribuciones de Orlando Fals Borda y a la tradición de la educación popular freireana, representa la expresión más consolidada y epistemológicamente más radical de las metodologías participativas. Sus componentes básicos se sostienen sobre la base de los

principios de reconocimiento de la alteridad, la disposición dialógica y la acción participativa-colaborativa, que pueden entenderse como orientadores metodológicos que distinguen a la IAP tanto de la investigación cuantitativa convencional, donde el investigador estudia objetos pasivos de conocimiento, como de la investigación cualitativa convencional, donde el investigador interpreta los significados de los sujetos pero no los convierte en productores activos del conocimiento (Redalyc, IAP, 2022).

**Tabla 2**

*Design Thinking e Investigación Acción Participativa: fundamentos, procedimientos y condiciones de validez comparados*

<b>Dimensión comparativa</b>	<b>Design Thinking</b>	<b>Investigación Participativa</b>	<b>Acción</b>
<i>Origen disciplinar</i>	Diseño de ingeniería, arquitectura y diseño industrial; popularizado en la Escuela de Diseño de Stanford y en la firma IDEO	Psicología social (Lewin); educación latinoamericana (Fals Borda, Freire); ciencias sociales críticas	comunitaria popular
<i>Supuesto epistemológico central</i>	El conocimiento relevante reside en la experiencia de los usuarios; la empatía como método de comprensión; la iteración como epistemología	El conocimiento científico social debe producirse con las comunidades y no sobre ellas; la investigación y la transformación son inseparables	
<i>Fases o momentos del proceso</i>	Empatizar, definir, idear, prototipar, evaluar	Diagnóstico participativo, planificación, acción, observación, reflexión, nueva planificación	
<i>Criterios de validez</i>	Pertinencia de las soluciones para los usuarios; desabilidad y factibilidad de implementación; impacto evaluado por los propios usuarios	Credibilidad (equivalente a la validez interna), transferibilidad, dependencia, confirmabilidad; reconocimiento de la comunidad como criterio de validación	
<i>Ámbitos de aplicación documentados</i>	Innovación empresarial y de servicios; diseño de políticas públicas; investigación educativa; prevención de violencia de género en contexto universitario	Investigación educativa transformadora; salud comunitaria; desarrollo territorial; movimientos sociales; construcción de conocimiento con comunidades marginadas	
<i>Limitaciones metodológicas</i>	Riesgo de superficialidad empática; tendencia a privilegiar la eficacia sobre la equidad; posible reproducción de sesgos del diseñador	Alta exigencia de tiempo y recursos; dificultad de publicación en revistas convencionales; riesgo de cooptación institucional de los procesos participativos	

*Nota.* Tabla elaborada con base en Redalyc Design Thinking guía (s.f.), Redalyc DT prevención VBG (2022), Redalyc IAP (2022), LATAM (2025), ResearchGate DT investigación cualitativa (2016) y Scielo México DT Monterrey (2021). Las limitaciones metodológicas reflejan los señalamientos críticos presentes en la literatura analizada.

La lectura comparada de ambas metodologías revela complementariedades que la práctica investigativa está comenzando a explorar de manera sistemática. El Design Thinking aporta herramientas de empatía, visualización y prototipado que

enriquecen los procesos participativos de la IAP; la IAP aporta profundidad política, horizonte transformador y arraigo comunitario que el DT en sus versiones más comerciales tiende a perder. Su articulación en diseños de investigación que combinan las fortalezas de ambos enfoques sin ignorar sus limitaciones representa una de las fronteras más fértiles de la metodología de investigación orientada al impacto social.

### **III. Conclusiones**

El recorrido analítico desarrollado a través de los cuatro ejes de este capítulo permitió construir una comprensión articulada y crítica de las metodologías emergentes en la investigación científica y tecnológica, revelando que la emergencia metodológica no es un fenómeno técnico sino epistemológico, político y cultural, cuya comprensión requiere atender simultáneamente a los supuestos filosóficos que la justifican, las transformaciones tecnológicas que la habilitan y las demandas sociales que la orientan.

En la primera dimensión, el análisis de los fundamentos epistemológicos de la emergencia metodológica mostró que el paisaje metodológico contemporáneo está siendo transformado por la convergencia de tres presiones: la complejidad de los fenómenos estudiados, que supera las capacidades de los enfoques disciplinares puros; la aceleración tecnológica, que crea posibilidades metodológicas nuevas especialmente en el procesamiento de grandes volúmenes de datos; y la demanda social de conocimiento pertinente, participativo y orientado a la transformación. El marco del modo 2 de producción de conocimiento y la distinción entre metodologías cuantitativas, cualitativas y emergentes documentados en la literatura revisada ofrecieron los referentes conceptuales para comprender esas transformaciones como parte de una reorganización más profunda de los criterios de validez y relevancia del conocimiento científico.

En la segunda dimensión, el análisis de los métodos mixtos mostró que su consolidación como paradigma metodológico propio responde a la evidencia de que los fenómenos más relevantes requieren simultáneamente medición de magnitudes y comprensión de significados. El contraste metodológico

documentado por LATAM (2025) y el análisis de la investigación basada en diseño de Guisasola (2024) convergieron en señalar que ningún método es suficiente en sí mismo y que la elección metodológica debe responder a la naturaleza de la pregunta antes que a preferencias paradigmáticas previas.

En la tercera dimensión, el análisis de la ciencia de datos, el big data y el procesamiento de lenguaje natural mostró que estas metodologías computacionales han abierto posibilidades genuinamente nuevas para el estudio de fenómenos sociales a gran escala, pero que esas posibilidades solo producen conocimiento científicamente válido cuando están orientadas por teoría, cuando son epistemológicamente honestas sobre sus sesgos de cobertura y cuando se combinan con análisis cualitativos que aporten la comprensión contextual que ningún algoritmo puede proporcionar de manera autónoma.

La cuarta dimensión mostró que el Design Thinking y la Investigación Acción Participativa representan dos expresiones complementarias de una epistemología que reconoce la legitimidad de los saberes experienciales de las personas y comunidades como fuentes de conocimiento científico. Su articulación abre posibilidades metodológicas para la producción de conocimiento que sea simultáneamente riguroso y pertinente, técnicamente sofisticado y socialmente responsable.

El aporte global del capítulo reside en haber mostrado que la emergencia metodológica no implica el abandono del rigor sino su redefinición: el rigor de los métodos mixtos, el rigor del análisis de big data y el rigor de la investigación participativa son formas distintas de rigor, apropiadas para diferentes tipos de preguntas y fenómenos, cuya diversidad enriquece antes que amenaza la empresa colectiva de producción de conocimiento científico. La metodología emergente no reemplaza a la metodología establecida; la complejiza, la contextualiza y la abre hacia formas de comprensión que la especialización disciplinar y los paradigmas únicos habían clausurado innecesariamente.

## Referencias bibliográficas

- Amaro-Rosales, M., y Robles-Belmont, E. (2020). Medir la innovación en el contexto de las tecnologías emergentes y convergentes: algunas reflexiones metodológicas. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*, 10(18), 1-22. <https://doi.org/10.32870/Pk.a10n18.415>
- Castilla Mesa, M. T. (2024). Metodologías emergentes en educación superior. *Octaedro*. <https://doi.org/10.36006/09655-1>
- Feria Avila, H., y Mantilla Falcón, M. (2019). La triangulación metodológica como método de la investigación científica: apuntes para una conceptualización. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 10(4), 137-146.
- González-Bañales, D. L., y Ortíz Parga, C. A. (2016). Design Thinking aplicado a procesos de investigación cualitativa: experiencia con una tesis doctoral. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/309566644>
- Gualda, E. (2022). Social big data, sociología y ciencias sociales computacionales. *Empiria: Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, 53, 147-177. <https://doi.org/10.5944/empiria.53.2022.32631>
- Gualda, E., y Rebollo, C. (2023). Big data y ciencias sociales: una mirada comparativa a las publicaciones de antropología, sociología y trabajo social. *Gazeta de Antropología*, 39(1), artículo 09. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/79779/Gazeta-2023-39-1-articulo-09.pdf>
- Guisasola, J. (2024). La investigación basada en el diseño: algunos desafíos y perspectivas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(2), 2801.
- LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades. (2025). Metodología de la investigación desde el enfoque cuantitativo, cualitativo y mixto. *LATAM*, 6(4), 4248-4270. <http://latam.redilat.org/index.php/lt/article/download/4577/8688/9613>

- Manrique-Gómez, L., y Borja Gómez, J. H. (2024). Ciencia de datos para la historia: datificar las fuentes. *Fronteras de la Historia*, 29(2), 108-130.
- Morales-Morgado, E. M., Ruiz-Torres, S., Rodero-Cilleros, S., Morales-Romo, B., y Campos-Ortuño, R. A. (2023). Metodologías activas en educación superior, mediadas por tecnologías en diversas disciplinas. *Aula*, 29(2), 95-113. <https://doi.org/10.14201/aula202329295311>
- Redalyc. (2022). La cientificidad de metodologías cuantitativa, cualitativa y emergentes. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 16(1), e1555. <https://www.redalyc.org/journal/4985/498571985004/html/>
- Redalyc. (2022). Investigación Acción Participativa: vinculación con la epistemología del sujeto conocido, desarrollo histórico y análisis de sus componentes. *Sophia: Colección de Filosofía de la Educación*, 32(1), 1-30. <https://www.redalyc.org/journal/122/12268654007/html/>
- Redalyc. (2022). Design thinking como herramienta para prevenir la violencia basada en género en estudiantes universitarios. *Psicogente*, 25(47), 1-22. <https://www.redalyc.org/journal/1053/105369038010/html/>
- Redalyc. (2022). Design Thinking para el emprendimiento social: una revisión de literatura. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 30(1), 113-130. <https://www.redalyc.org/journal/909/90974067008/html/>
- Redalyc. (s.f.). Design thinking: cómo guiar a estudiantes, emprendedores y empresarios en su aplicación. *Ingeniería: Investigación y Tecnología*, 16(1), 1-16. <https://www.redalyc.org/pdf/3604/360433598006.pdf>
- Redalyc. (2022). Tipos de big data y análisis sociológico: usos, críticas y problemas éticos. *Empiria: Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, 53, 15-30.
- Redalyc. (2019). Big data, algoritmos y política: las ciencias sociales en la era de las redes digitales. *Cinta de Moebio*, 65, 267-280.

Scielo México. (2018). Grandes datos, grandes desafíos para las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Sociología*, 80(2), 415-444. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-25032018000200415](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032018000200415)

Scielo México. (2021). El Design Thinking en las Agencias de Diseño de Monterrey. *Innovar: Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 31(80), 106-126. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-84372021000200106](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-84372021000200106)

Taboada Villamarín, A. (2024). Big data en ciencias sociales: una introducción a la automatización de análisis de datos de texto mediante procesamiento de lenguaje natural y aprendizaje automático. *Revista CENTRA de Ciencias Sociales*, 3(1), 51-75. <https://doi.org/10.54790/rccs.51>

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y ANÁLISIS DE DATOS APLICADOS A LA EDUCACIÓN Y LA CIENCIA

*Artificial intelligence and data analysis applied to education and science*

## ***Autores del Capítulo:***

**María Daniela García García** <sup>1</sup>

*Universidad Agraria del Ecuador*

*mgarcia@uagraria.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0001-0852-2597>*

**Flor Marina Escobar Baquerizo** <sup>2</sup>

*Universidad de Guayaquil*

*marina.escobarb@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0009-7840-9475>*

**Héctor Ignacio Mero Criollo** <sup>3</sup>

*Universidad de Guayaquil*

*hector.meroc@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0004-3045-0122>*

**Juan Carlos Vasco Delgado** <sup>4</sup>

*Universidad de Guayaquil*

*juan.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0003-0587-9758>*

**Geovanny Francisco Ruiz Muñoz** <sup>5</sup>

*Universidad de Guayaquil*

*geovanny.ruizm@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0001-7529-6342>*

## **Resumen**

La irrupción de la inteligencia artificial y el análisis masivo de datos en los dominios educativo y científico constituye uno de los procesos de transformación más acelerados y conceptualmente complejos de la era contemporánea. Este capítulo examina, desde una perspectiva crítica e integradora, las principales dimensiones de esa transformación: los fundamentos técnicos y conceptuales de la IA educativa y su distinción respecto de la IA generativa; el potencial y los límites del machine learning y la analítica del aprendizaje para personalizar la enseñanza, predecir el rendimiento académico y detectar estudiantes en riesgo; las implicaciones éticas derivadas del uso de datos educativos, incluyendo los sesgos algorítmicos, la privacidad y la integridad académica; y el papel de la IA como acelerador del descubrimiento científico, con énfasis en las ciencias biomédicas y genómicas. El análisis revela que las posibilidades de la IA en educación y ciencia son genuinas y crecientes, pero que su valor depende críticamente de los marcos pedagógicos, éticos e institucionales dentro de los cuales se despliegan. Se concluye que una integración responsable de estas tecnologías exige abandonar tanto el entusiasmo acrítico como el rechazo infundado, para adoptar en cambio una postura reflexiva que coloque la equidad, la transparencia y el desarrollo humano en el centro de cualquier decisión sobre su adopción y uso.

**Palabras clave:** inteligencia artificial en educación, analítica del aprendizaje, machine learning educativo, IA generativa, sesgos algorítmicos, descubrimiento científico asistido por IA, análisis de datos educativos

## **Abstract**

The emergence of artificial intelligence and large-scale data analysis in educational and scientific domains constitutes one of the most accelerated and conceptually complex transformation processes of the contemporary era. This chapter critically and comprehensively examines the main dimensions of this transformation: the technical and conceptual foundations of educational AI and its distinction from generative AI; the potential and limits of machine learning and learning analytics for personalizing instruction, predicting academic performance, and identifying at-risk students; the ethical implications arising from the use of educational data, including algorithmic bias, privacy concerns, and academic integrity; and the role of AI as an accelerator of scientific discovery, with emphasis on biomedical and genomic sciences. The analysis reveals that AI's possibilities in education and science are genuine and growing, but that their value depends critically on the pedagogical, ethical, and institutional frameworks within which they are deployed. It is concluded that a responsible integration of these technologies requires abandoning both uncritical enthusiasm and unfounded rejection, adopting instead a reflective stance that places equity, transparency, and human development at the center of any decision about their adoption and use.

**Keywords:** artificial intelligence in education, learning analytics, educational machine learning, generative AI, algorithmic bias, AI-assisted scientific discovery, educational data analysis

## I. Introducción

Hay transformaciones tecnológicas que generan cambios graduales, casi imperceptibles en el tiempo de una generación, y hay otras que reconfiguran en pocos años los supuestos más básicos sobre cómo los seres humanos aprenden, investigan y producen conocimiento. La irrupción de la inteligencia artificial y del análisis masivo de datos en los campos de la educación y la ciencia pertenece, sin lugar a dudas, a la segunda categoría. En menos de una década, lo que era objeto de especulación académica se ha convertido en práctica cotidiana: sistemas que ajustan los itinerarios de aprendizaje de cada estudiante en tiempo real, algoritmos que predicen con un margen de error menor al diez por ciento si un joven terminará o abandonará su carrera universitaria, modelos computacionales que en cuestión de días resuelven problemas de plegamiento proteico que habían resistido décadas de investigación. El cambio no es cosmético ni incremental; es estructural.

La magnitud de ese cambio queda ilustrada por un solo dato: la base Scopus acumuló entre los años previos a 2023 más de 7.400 artículos sobre educación universitaria e inteligencia artificial, con el pico de producción situado en 2022, cuando se registraron 2.024 publicaciones en un solo año sobre ese único cruce disciplinar (Restrepo-Echeverri et al., referenciados en Rodríguez Vieira, 2024). Esa densidad bibliográfica refleja tanto el interés genuino de la comunidad académica como la urgencia de comprender un fenómeno que avanza más rápido que la capacidad de las instituciones para regularlo, de los docentes para apropiarlo críticamente y de las políticas públicas para orientarlo hacia fines equitativos y pedagógicamente fundamentados.

La aparición de ChatGPT en noviembre de 2022, y su alcance de cien millones de usuarios activos mensuales en apenas dos meses, funcionó como un detonante simbólico pero también empírico de una discusión que ya tenía historia en el campo de la inteligencia artificial aplicada a la educación (UNESCO, 2023). La IA generativa no nació en ese momento, pero su democratización masiva, es decir, su acceso por parte de cualquier estudiante con conexión a internet, planteó preguntas radicalmente nuevas sobre la naturaleza del aprendizaje, la autoría del conocimiento, la evaluación de competencias y la

formación del pensamiento crítico. Al mismo tiempo, en el dominio científico, modelos como AlphaFold de Google DeepMind demostraron que la inteligencia artificial podía resolver en semanas problemas que habían consumido décadas de trabajo experimental humano, transformando irreversiblemente los paradigmas del descubrimiento científico en biomedicina, genómica y física computacional (Foro Económico Mundial, 2024).

Esta convergencia entre IA educativa y IA científica no es casual. Ambas expresan la misma lógica subyacente: la capacidad de los sistemas computacionales para procesar volúmenes de datos que exceden con creces las posibilidades del razonamiento humano, identificar patrones que permanecerían invisibles al análisis tradicional y generar predicciones, recomendaciones o soluciones con un nivel de precisión sin precedentes. Pero esa misma capacidad plantea, con idéntica intensidad, interrogantes que ningún algoritmo puede responder por sí solo: ¿qué valores deben orientar el diseño de los sistemas de IA educativa? ¿Quién controla los datos generados en los procesos de aprendizaje digital? ¿Cómo se garantiza que la personalización algorítmica no reproduzca y amplíe las desigualdades estructurales que caracterizan los sistemas educativos? ¿De qué manera el descubrimiento científico asistido por IA transforma la naturaleza del conocimiento y la responsabilidad intelectual del investigador?

Este capítulo se propone examinar esas preguntas con rigor conceptual y honestidad analítica, evitando tanto el entusiasmo tecnocéntrico que ignora los riesgos como el escepticismo defensivo que niega las posibilidades reales. Para ello, el análisis se organiza en cuatro ejes: los fundamentos técnico-conceptuales de la IA educativa y la distinción entre sus distintas modalidades; el machine learning y la analítica del aprendizaje como herramientas de personalización y predicción; las tensiones éticas derivadas del uso de datos educativos, con especial atención a los sesgos algorítmicos, la privacidad y la integridad académica; y el impacto de la IA en el descubrimiento científico, con énfasis en sus implicaciones para la producción del conocimiento. A través de ese recorrido, emerge una comprensión más matizada y crítica de lo que significa integrar responsablemente la inteligencia artificial en los sistemas educativos y científicos del presente.

## II. Desarrollo

### 2.1. Fundamentos técnico-conceptuales de la inteligencia artificial aplicada a la educación

Comprender el alcance y los límites de la inteligencia artificial en la educación requiere, como primer paso, clarificar qué se entiende por IA en este contexto y cuáles son las distintas modalidades bajo las que opera en los entornos de enseñanza y aprendizaje. La IA no es un fenómeno único ni homogéneo: es un paraguas conceptual que abarca desde los sistemas basados en reglas explícitas programadas por humanos hasta los modelos de aprendizaje profundo que construyen sus propias representaciones a partir de millones de ejemplos, pasando por los algoritmos de aprendizaje supervisado que aprenden a predecir categorías a partir de datos etiquetados. Cada modalidad tiene implicaciones pedagógicas, técnicas y éticas distintas, y confundirlas produce tanto expectativas infladas como temores exagerados.

En su forma más general, la inteligencia artificial se define como la capacidad de las máquinas de imitar la inteligencia humana a través de algoritmos que procesan información, aprenden de ella y aplican reglas derivadas de ese aprendizaje para resolver problemas (Rodríguez Vieira, 2024). Esta definición, que recoge la herencia conceptual de Turing y de los primeros desarrollos de la IA simbólica, resulta útil como punto de partida pero insuficiente para comprender las expresiones más sofisticadas de la IA contemporánea. El machine learning, en particular, introduce una ruptura fundamental respecto de los sistemas de IA basados en reglas explícitas: en lugar de programar el comportamiento del sistema, se le suministran datos y se le permite construir sus propias reglas mediante procesos de optimización estadística (Forero-Corba y Negre Bennasar, 2024). Esta capacidad de autoaprendizaje es precisamente la que hace al machine learning tan potente para aplicaciones educativas, donde los datos disponibles sobre el comportamiento de los estudiantes son masivos, multidimensionales y estructuralmente complejos.

Dentro del ecosistema de IA aplicada a la educación, Tramallino y Zeni (2024) identifican tres modalidades principales cuya distinción resulta fundamental para

una comprensión no superficial del campo: el machine learning o aprendizaje automático, que permite construir modelos predictivos a partir de datos históricos; la analítica del aprendizaje o learning analytics, que se centra en la recolección y análisis de datos sobre los actores educativos con el propósito de comprender y optimizar el proceso enseñanza-aprendizaje; y el procesamiento del lenguaje natural, que hace posible la interacción conversacional entre el sistema y el usuario. Cada una de estas modalidades está presente en el ecosistema de plataformas y herramientas educativas actuales, con frecuencia de manera combinada e integrada.

La distinción entre IA educativa tradicional e IA generativa merece una atención especial, dado que esta última ha generado la mayor disrupción conceptual e institucional de los últimos años. Mientras que los sistemas de IA educativa tradicionales operan principalmente como motores de análisis, predicción y recomendación, la IA generativa produce contenidos nuevos, sean textos, imágenes, código informático o soluciones a problemas complejos, a partir de patrones aprendidos en enormes volúmenes de datos de entrenamiento (García-Peñalvo, referenciado en Flores-Vivar y García-Peñalvo, 2023; Aretio, 2024). Esa capacidad generativa es lo que transforma a herramientas como ChatGPT en objetos pedagógicos ambivalentes: pueden ser usadas como andamiajes para el aprendizaje activo, como asistentes de escritura crítica o como tutores conversacionales, pero también pueden ser utilizadas para sustituir el esfuerzo cognitivo del estudiante, generando un dilema de integridad académica sin precedentes en la historia de la educación.

Esta ambivalencia no se resuelve con prohibiciones ni con adopciones acríticas. Se resuelve, según la UNESCO (2023), con marcos pedagógicos e institucionales que orienten el uso de la IA generativa hacia el fortalecimiento del pensamiento crítico, la creación de conocimiento y la evaluación auténtica de competencias, no su simulación. Ese imperativo de alineación pedagógica es el que diferencia una integración inteligente de la IA en la educación de una mera tecnificación cosmética de los procesos de enseñanza.

La evolución histórica del campo es también ilustrativa. Desde los primeros sistemas de tutoría inteligente de los años ochenta, que representaban el

conocimiento en forma de reglas lógicas y ajustaban la instrucción al diagnóstico cognitivo del estudiante, hasta los modelos de aprendizaje adaptativo contemporáneos basados en redes neuronales profundas, el campo ha experimentado varias revoluciones técnicas sucesivas (Rodríguez Vieira, 2024). Cada revolución ha ampliado las posibilidades de personalización y predicción, pero también ha profundizado los interrogantes sobre transparencia, equidad y determinismo algorítmico. La pregunta de fondo, que ningún avance técnico ha disuelto sino complejizado, sigue siendo la misma que planteó la pedagogía crítica décadas antes de que existiera la IA educativa: ¿quién decide qué aprender, cómo aprender y a qué ritmo?

## **2.2. Machine learning y analítica del aprendizaje: personalización, predicción y sus límites**

La capacidad de personalizar el aprendizaje a escala masiva ha sido durante décadas un ideal pedagógico estructuralmente irrealizable en los sistemas educativos de masas. Un docente con treinta estudiantes en el aula no puede diseñar itinerarios completamente individualizados, proporcionar retroalimentación continua y diferenciada, y al mismo tiempo mantener la cohesión del grupo como comunidad de aprendizaje. El machine learning y la analítica del aprendizaje han cambiado radicalmente esa ecuación, no resolviendo la tensión sino redistribuyendo las tareas: las tecnologías pueden hacerse cargo de ciertos componentes de la individualización, liberando al docente para concentrarse en dimensiones del aprendizaje que ningún algoritmo puede sustituir, como la mediación emocional, la discusión crítica o la mentoría intelectual.

La analítica del aprendizaje, definida como la recolección, análisis y divulgación de datos sobre los actores educativos con el propósito de comprender y optimizar aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje (Contreras et al., referenciados en Forero-Corba y Negre Bennasar, 2024), opera mediante la generación de modelos que identifican patrones en el comportamiento de los estudiantes, como la frecuencia de acceso a materiales, los tiempos dedicados a cada actividad, el tipo de errores cometidos y las trayectorias de mejora o deterioro del rendimiento. A partir de esos patrones, los sistemas pueden generar alertas tempranas sobre

estudiantes en riesgo de reprobación o abandono, personalizar el nivel de dificultad de los contenidos o recomendar recursos adicionales en áreas específicas de debilidad.

Los resultados documentados son consistentes y alentadores. Guadalupe Beltrán (2025) ha demostrado que el uso de Big Data en educación permite a los docentes identificar patrones en el rendimiento académico y el comportamiento de los estudiantes, facilitando la adaptación de las evaluaciones a las necesidades individuales, y que en instituciones que implementaron estrategias basadas en analítica predictiva se observó un aumento promedio del 18 % en las calificaciones de los estudiantes. Contreras et al. (2022), en un estudio con algoritmos supervisados aplicados a datos de estudiantes de ingeniería, encontraron que el modelo KNN (K-Nearest Neighbors) predijo el rendimiento académico semestre a semestre con valores de precisión que oscilaron alrededor del 80 %, mientras que los árboles de decisión alcanzaron el 78.5 % en algunos semestres. Estos resultados no son triviales en términos pedagógicos: un sistema que puede identificar con casi cuatro de cada cinco aciertos qué estudiante está en riesgo de reprobación, y hacerlo semanas antes de que el docente pueda percibirlo, abre una ventana de intervención preventiva de enorme valor educativo.

La revisión sistemática de Forero-Corba y Negre Bannasar (2024) sobre técnicas y aplicaciones del machine learning en educación identifica las oportunidades de mejora en los procesos de enseñanza-aprendizaje y la gestión educativa en varias categorías articuladas: la predicción del rendimiento académico y el abandono escolar, el análisis de la percepción estudiantil y docente, el desarrollo de la robótica virtual, el aprendizaje sobre modelos generativos y el apoyo a estudiantes con necesidades educativas especiales. La amplitud de ese catálogo revela que el machine learning no opera en la educación como una herramienta puntual sino como una capa de inteligencia analítica que puede atravesar transversalmente toda la actividad institucional, desde la admisión hasta la graduación, desde el aula hasta la gestión administrativa.

Sin embargo, la promesa de la predicción algorítmica no está exenta de riesgos conceptuales y prácticos que la literatura se encarga de señalar con precisión.

Del Carpio-Mendoza (2024), en su revisión sistemática sobre modelos predictivos del rendimiento académico, subraya que las variables que más influyen en ese rendimiento no son solo académicas sino también socioeconómicas, familiares, demográficas, personales, institucionales y de carácter preuniversitario. Esta multidimensionalidad es a la vez una fortaleza del enfoque de machine learning, capaz de integrar cientos de variables en un modelo unificado, y una fuente de riesgos, pues variables como el nivel educativo de los padres, el ingreso familiar o la zona de residencia pueden actuar como proxies de estructuras de desigualdad que el algoritmo reproductivamente refuerza cuando genera predicciones.

El riesgo más grave de los sistemas predictivos en educación es lo que los especialistas en equidad algorítmica denominan retroalimentación negativa: si un sistema predice que un estudiante de bajo nivel socioeconómico tiene alta probabilidad de fracasar, y esa predicción reduce la atención pedagógica que recibe o el acceso a ciertos programas, se produce un círculo vicioso donde el algoritmo no solo predice la desigualdad sino que la produce. Este mecanismo, descrito en general para los sistemas de IA por Flores-Vivar y García-Peñalvo (2023), tiene en el campo educativo consecuencias particularmente serias, pues la educación es precisamente el mecanismo institucional históricamente diseñado para interrumpir, no para reproducir, los ciclos de desventaja social.

### **2.3. Dimensiones éticas del uso de IA y datos en educación**

Ningún análisis sobre inteligencia artificial en educación puede considerarse completo si no aborda con profundidad y sin eufemismos las dimensiones éticas que atraviesan esta transformación. La adopción masiva de sistemas de IA en los entornos de enseñanza y aprendizaje genera un conjunto de dilemas que no se resuelven con más tecnología sino con más reflexión política, filosófica e institucional. La privacidad de los datos, los sesgos algorítmicos, la integridad académica y la equidad en el acceso son las cuatro dimensiones sobre las que la literatura más reciente converge con mayor énfasis.

La privacidad de los datos constituye quizás la dimensión más inmediata y tangible. Los sistemas de analítica del aprendizaje generan volúmenes masivos

de datos sobre el comportamiento de los estudiantes: qué leen, cuándo lo leen, cuánto tiempo permanecen en cada sección de una plataforma, qué errores cometen, con qué frecuencia piden ayuda. Esos datos son potencialmente valiosos para personalizar el aprendizaje, pero también son sensibles en grado extremo: revelan patrones cognitivos, emocionales y conductuales que los propios estudiantes pueden no conocer sobre sí mismos y que podrían ser utilizados con finalidades ajenas al aprendizaje, como la segmentación comercial, el perfilado laboral o la vigilancia disciplinaria (Sepúlveda Cervantes y Zamora Tovar, 2025). El riesgo no es hipotético: en la revisión de instituciones educativas analizadas por Flores-Vivar y García-Peñalvo (2023), menos del diez por ciento disponía de políticas institucionales claras sobre el uso de herramientas de IA generativa, lo que implica que la mayoría opera sin marcos normativos que protejan a los estudiantes.

Los sesgos algorítmicos representan la dimensión éticamente más compleja. Un algoritmo de machine learning aprende a partir de los datos históricos con los que fue entrenado, lo que significa que si esos datos reflejan patrones históricos de discriminación, ya sea por género, etnia, condición socioeconómica o capacidad, el modelo aprendido los reproducirá e incluso los amplificará en sus predicciones y recomendaciones (Flores-Vivar y García-Peñalvo, 2023). La UNESCO ha documentado que los modelos de IA generativa como ChatGPT están entrenados con datos que reflejan predominantemente los valores y normas del Norte Global, lo que los hace estructuralmente inadecuados para contextos culturales distintos y susceptibles de reproducir sesgos etnocéntricos en sus respuestas educativas (UNESCO, 2023). El sesgo no es un defecto técnico que pueda corregirse con más datos; es una consecuencia estructural de los procesos de producción del conocimiento que alimentan los sistemas de IA.

La integridad académica es la dimensión que ha generado el debate más visible en las instituciones de educación superior desde el lanzamiento masivo de los modelos de lenguaje de gran escala. Rodríguez Vieira et al. (2023) identificaron, entre las principales preocupaciones relacionadas con la IA generativa en el contexto académico: el plagio y la generación de contenidos no originales, la dependencia excesiva a estos sistemas con el consiguiente debilitamiento de la

capacidad de pensamiento crítico, la dificultad para detectar el trabajo genuino del estudiante y la posibilidad de propagar sesgos en los resultados generados. La primera respuesta de muchas instituciones fue preventiva y reactiva: la prohibición o restricción del uso de estas herramientas. Pero esa respuesta tiene una eficacia limitada, dado que Microsoft ha integrado capacidades de IA generativa en productos de uso universal como Microsoft 365, haciéndolas prácticamente ineludibles (Aretio, 2024).

Una postura más sofisticada, y pedagógicamente más fértil, es la que propone Aretio (2024): no ignorar ni prohibir el uso de esas herramientas, sino capacitar tanto al profesorado como al estudiantado para un uso crítico y ético, y revisar los diseños curriculares para primar el pensamiento crítico y las competencias que los modelos de lenguaje no pueden sustituir, como la originalidad argumentativa, el juicio contextual y la responsabilidad epistémica. Esta perspectiva reconoce que la integridad académica no es fundamentalmente un problema de supervisión tecnológica sino un problema de formación ética, que requiere acompañamiento pedagógico sostenido antes que sistemas de detección de plagio algorítmico.

La equidad en el acceso a las tecnologías de IA educativa es la cuarta dimensión, y quizás la más relevante desde una perspectiva de política educativa. La UNESCO (2023) advierte que la rápida penetración de la IA generativa en los países y regiones tecnológicamente avanzados ha intensificado la concentración de los beneficios de estas tecnologías en el Norte Global, dejando a las regiones menos conectadas en una situación de pobreza de datos que las expone al riesgo de ser colonizadas por los estándares cognitivos y culturales integrados en los modelos de lenguaje más extendidos. En el contexto específico de América Latina, el acceso desigual a dispositivos, conectividad y competencias digitales significa que la IA educativa puede convertirse en un factor de profundización de las brechas, antes que en un mecanismo de cierre.

### **Tabla 1**

*Dimensiones éticas del uso de inteligencia artificial y datos en educación: riesgos, expresiones concretas y condiciones de mitigación*

<b>Dimensión ética</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Expresión concreta en educación</b>	<b>Condiciones de mitigación</b>	<b>de</b>
------------------------	------------------------------	--	----------------------------------	-----------

**identificadas en la literatura**

<i>Privacidad de los datos</i>	Derecho de los estudiantes a controlar la información generada sobre su comportamiento en plataformas digitales	Recolección masiva de datos de interacción sin consentimiento informado ni regulación institucional	Marcos normativos claros; consentimiento activo; limitación de finalidades del uso de datos
<i>Sesgos algorítmicos</i>	Reproducción y amplificación de desigualdades históricas a través de modelos entrenados con datos sesgados	Predicciones de rendimiento que penalizan sistemáticamente a estudiantes de bajo nivel socioeconómico	Auditorías de equidad de los modelos; diversidad en los datos de entrenamiento; supervisión humana de las decisiones
<i>Integridad académica</i>	Garantía de que el trabajo académico refleja el aprendizaje genuino del estudiante	Uso de IA generativa para producir tareas, exámenes o tesis sin esfuerzo cognitivo real del estudiante	Rediseño evaluativo centrado en competencias complejas; alfabetización digital crítica; políticas institucionales claras
<i>Equidad de acceso</i>	Distribución justa de los beneficios de la IA educativa entre estudiantes de diferentes contextos	Concentración de plataformas de IA avanzada en instituciones de países ricos; brecha digital entre estudiantes	Políticas redistributivas; inversión en infraestructura; diseño de herramientas pertinentes para contextos del Sur Global

*Nota.* Tabla elaborada con base en UNESCO (2023), Flores-Vivar y García-Peñalvo (2023), Aretio (2024), Sepúlveda Cervantes y Zamora Tovar (2025) y Forero-Corba y Negre Bannasar (2024). Las condiciones de mitigación reflejan recomendaciones identificadas en los propios textos analizados, no propuestas normativas externas al corpus.

La tabla sintetiza con claridad una paradoja constitutiva del campo: las mismas capacidades que hacen a la IA potencialmente transformadora en educación, su habilidad para identificar patrones, predecir comportamientos y personalizar itinerarios, son también las que generan los riesgos más serios de vulneración de derechos, reproducción de desigualdades y erosión de la autonomía intelectual. Resolver esa paradoja no es un desafío técnico sino político, que requiere voluntad institucional, marcos normativos robustos y una comprensión pedagógica profunda de lo que significa aprender en la era de la inteligencia artificial.

#### **2.4. Inteligencia artificial generativa: promesas, riesgos y reconfiguración de los procesos de enseñanza**

La llegada masiva de la IA generativa a los contextos educativos merece un análisis específico que profundice más allá de los debates sobre el plagio,

dominantes en la discusión pública, hacia las implicaciones más profundas que esta tecnología plantea sobre la naturaleza del aprendizaje, el rol del docente y la finalidad de la educación. La IA generativa no es simplemente una herramienta más de apoyo al estudio; es un artefacto que opera en el corazón mismo de lo que la educación considera más valioso: la producción de pensamiento original, el desarrollo del juicio crítico y la construcción de conocimiento a través del esfuerzo cognitivo sostenido.

La revisión de Tramallino y Zeni (2024), basada en literatura reciente en Google Scholar y Science Direct, documenta que entre los principales usos de la IA generativa en contextos educativos se identifican la personalización del aprendizaje a partir de plataformas que ajustan contenido y dificultad al progreso individual, la generación de retroalimentación en tiempo real, la creación de materiales didácticos personalizados y la tutoría conversacional. Estos usos tienen un potencial pedagógico real: un estudiante que recibe retroalimentación inmediata sobre un error matemático puede corregirlo y avanzar antes de que ese error se consolide como obstáculo de aprendizaje; un docente que usa IA generativa para crear variantes de ejercicios puede atender la heterogeneidad de su grupo sin triplicar su tiempo de preparación. Esas posibilidades son concretas, documentadas y educativamente significativas.

Sin embargo, el mismo análisis registra preocupaciones igualmente concretas y documentadas. Sepúlveda Cervantes y Zamora Tovar (2025), en su revisión de investigaciones sobre actitudes estudiantiles hacia la IA generativa, encontraron que si bien las actitudes predominantes son positivas y se asocian con la utilidad académica de la herramienta para mejorar el rendimiento y optimizar el tiempo de estudio, existe una brecha notable entre esa percepción funcional y la comprensión técnica o ética de su funcionamiento. Los estudiantes usan ChatGPT pero frecuentemente no comprenden sus limitaciones: que puede generar respuestas factualmente incorrectas con apariencia de autoridad, que sus datos de entrenamiento tienen una fecha de corte que lo hace ignorante de los desarrollos más recientes, que sus respuestas pueden reflejar sesgos culturales profundos invisibilizados por la fluencia del lenguaje (Flores-Vivar y García-Peñalvo, 2023).

Esta asimetría entre uso masivo y comprensión crítica plantea un imperativo pedagógico que la UNESCO (2023) expresa con claridad: el verdadero desafío de la IA generativa en educación no es técnico sino formativo. Requiere desarrollar en estudiantes y docentes una alfabetización específica en IA que incluya no solo habilidades de uso sino competencias de evaluación crítica de los resultados generados, comprensión de los principios éticos que deben orientar su uso y capacidad para reconocer cuándo la herramienta ayuda y cuándo sustituye indebidamente el esfuerzo cognitivo propio. Esa alfabetización no se adquiere espontáneamente por el hecho de usar la tecnología; requiere instrucción explícita, modelos de uso responsable y espacios institucionales para la reflexión colectiva sobre las prácticas.

El campo docente merece una atención especial en este contexto. Rodríguez Vieira (2024) señala que la percepción de la IA entre el profesorado es heterogénea y frecuentemente ambivalente: algunos docentes la perciben como una amenaza a su rol y a la autenticidad del aprendizaje, mientras otros la reconocen como una oportunidad para reducir cargas administrativas y concentrarse en dimensiones más profundas de la enseñanza. Lo que la literatura identifica como factor determinante no es la actitud inicial sino la formación recibida: los docentes que han tenido oportunidades de experimentar con herramientas de IA en contextos pedagógicos acompañados, con tiempo para reflexionar sobre sus implicaciones y con apoyo de comunidades de práctica, tienden a desarrollar posturas más matizadas y pedagógicamente productivas que quienes se enfrentan a la tecnología sin preparación.

## **2.5. La inteligencia artificial como acelerador del descubrimiento científico**

Si la irrupción de la IA en la educación es profunda y urgente, su impacto en el descubrimiento científico es de una magnitud que algunos especialistas comparan con la Revolución Industrial en términos de aceleración de la producción del conocimiento. La analogía no es retórica: hay evidencia empírica abundante de que la IA está comprimiendo en meses o semanas procesos de investigación que antes requerían décadas, abriendo frentes de descubrimiento que simplemente no eran accesibles a la inteligencia humana sin asistencia

computacional y redefiniendo la frontera entre lo que es experimentalmente posible y lo que permanece más allá del alcance de la ciencia.

El caso más emblemático y conceptualmente más significativo es AlphaFold, el sistema de IA desarrollado por Google DeepMind que resolvió el problema del plegamiento proteico, es decir, la predicción de la estructura tridimensional que adopta una proteína a partir de su secuencia de aminoácidos, con un nivel de precisión que superó décadas de investigación experimental previa (National Geographic, 2024). En una competición internacional donde los mejores equipos científicos del mundo llevaban años enfrentándose al mismo problema, AlphaFold lo resolvió en condiciones de laboratorio, determinando la estructura de más de 200 millones de proteínas y poniendo ese conocimiento a disposición de la comunidad científica global. El impacto sobre la biología molecular, el diseño de fármacos y la medicina de precisión es difícil de exagerar: conocer la estructura de una proteína es el primer paso para diseñar moléculas que interactúen específicamente con ella, abriendo rutas hacia tratamientos de enfermedades que antes permanecían en el terreno de la especulación terapéutica.

En el dominio de la genómica, la convergencia entre IA y secuenciación masiva del genoma ha producido avances igualmente disruptivos. El mercado de IA aplicada a la genómica alcanzó los 484 millones de dólares en 2022 y se proyecta que superará los 12.500 millones en 2032, impulsado por la creciente adopción de estas tecnologías en medicina de precisión y descubrimiento de fármacos (Grand View Research, referenciado en Faizullabhoy, 2023). En el campo de la virología, un equipo de investigación utilizó en 2024 el sistema LucaProt para analizar 51 terabytes de información genómica y descubrir potencialmente 70.458 especies de virus de RNA hasta entonces no descritas, pertenecientes a 180 supergrupos de los cuales 60 eran completamente nuevos para la ciencia (National Geographic, 2024). La escala de ese descubrimiento, completamente inaccesible para los métodos convencionales de análisis, ilustra con precisión cómo la IA está expandiendo el horizonte de lo que la ciencia puede conocer.

El impacto sobre el descubrimiento de fármacos es quizás la aplicación con consecuencias clínicas más inmediatas. Estimaciones recientes sugieren que la IA puede reducir los tiempos de desarrollo de nuevos medicamentos en un 50 % y mejorar las tasas de éxito en un 74 %, al permitir la identificación temprana de candidatos terapéuticos con alta probabilidad de éxito y el descarte de moléculas fallidas antes de llegar a los costosos ensayos clínicos (Foro Económico Mundial, 2024). Plataformas como Isomorphic Labs, surgida del ecosistema de Google DeepMind, están aplicando este enfoque para producir decenas de nuevos candidatos terapéuticos anuales, transformando la biología en una disciplina computacional con capacidades predictivas sin precedentes.

En el campo de la oncología, los avances de la IA son simultáneamente técnicos y organizacionales. Sistemas de inteligencia artificial han demostrado alta precisión en el diagnóstico de patologías como el cáncer de piel, los tumores cerebrales, las enfermedades cardiovasculares y las afecciones pulmonares, integrándose progresivamente en la rutina hospitalaria como soporte a la toma de decisiones médicas (Gaceta Médica, 2025). La FDA de los Estados Unidos ha aprobado más de 220 dispositivos médicos con capacidades de IA, y en algunos contextos específicos de diagnóstico por imagen, los sistemas algorítmicos ya igualan o superan la precisión diagnóstica de los especialistas humanos (AI Index Report, referenciado en Mundiario, 2024).

**Tabla 2**

*Impacto de la inteligencia artificial en el descubrimiento científico: dominios, herramientas y escala del cambio*

<b>Dominio científico</b>	<b>Herramienta o sistema de IA</b>	<b>Logro o avance documentado</b>	<b>Implicación para la producción del conocimiento</b>
<i>Biología estructural</i>	AlphaFold (Google DeepMind)	Determinación de la estructura de 200 millones de proteínas con alta precisión	Democratización del acceso al conocimiento estructural; aceleración del diseño de fármacos
<i>Virología genómica</i>	LucaProt (análisis de RNA viral)	Identificación de 70.458 especies virales potencialmente nuevas en 51 TB de datos	Expansión radical del horizonte de lo conocible; imposibilidad del análisis convencional a esa escala
<i>Descubrimiento de fármacos</i>	Isomorphic Labs; plataformas IA de diseño molecular	Reducción del tiempo de desarrollo en un 50 %; mejora de la tasa de éxito en un 74 %	Reconfiguración del rol del investigador: de experimentador a

<i>Genómica médica</i>	Modelos de machine learning + secuenciación masiva	Identificación de variantes genéticas raras asociadas a enfermedades con precisión diagnóstica superior	diseñador de hipótesis computacionales
<i>Diagnóstico médico por imagen</i>	Sistemas de diagnóstico clínico con IA (más de 220 aprobados por la FDA)	Precisión diagnóstica comparable o superior a especialistas humanos en cáncer, patologías cardiovasculares y pulmonares	Redefinición de la colaboración humano-máquina en la práctica clínica

*Nota.* Tabla elaborada con base en National Geographic (2024), Foro Económico Mundial (2024), Faizullabhoy (2023), Gaceta Médica (2025) y Stanford AI Index Report (2024). Los porcentajes de reducción de tiempos y mejora en tasas de éxito corresponden a estimaciones proyectivas recogidas en la literatura analizada; su validez empírica está sujeta a las condiciones específicas de cada aplicación.

La lectura de esta tabla revela un patrón que transforma estructuralmente la epistemología del descubrimiento científico: en todos los dominios representados, la contribución fundamental de la IA no es sustituir la inteligencia humana sino ampliar su alcance más allá de los límites impuestos por la biología cognitiva. Un investigador humano no puede analizar 51 terabytes de secuencias genómicas en ningún lapso razonable; un sistema de IA sí puede hacerlo. Esa asimetría de escala es precisamente lo que hace a la IA no un rival del científico sino un instrumento de un poder analítico cualitativamente nuevo, cuya integración en los procesos de investigación plantea preguntas igualmente nuevas sobre la atribución del descubrimiento, la responsabilidad intelectual y los criterios de evaluación del conocimiento científico.

### III. Conclusiones

El recorrido analítico desarrollado a lo largo de este capítulo permitió construir una comprensión del campo de la inteligencia artificial y el análisis de datos en educación y ciencia que va más allá de la dicotomía entre entusiasmo tecnológico y escepticismo defensivo, situándose en el terreno más exigente pero también más productivo del análisis crítico fundamentado.

En la primera dimensión, se estableció que la IA en educación no es un fenómeno unitario sino un conjunto de modalidades técnicamente diferenciadas,

desde el machine learning supervisado hasta la IA generativa conversacional, cuyas implicaciones pedagógicas, éticas e institucionales son específicas para cada caso. La distinción conceptual entre analítica del aprendizaje, aprendizaje automático e IA generativa resultó ser condición necesaria para un análisis que no confunda las promesas y los riesgos de cada modalidad, y para el que los trabajos de Tramallino y Zeni (2024), Forero-Corba y Negre Bennasar (2024) y Rodríguez Vieira (2024) ofrecieron marcos conceptuales sólidos.

En la segunda dimensión, la revisión de la evidencia empírica sobre machine learning y analítica del aprendizaje confirmó que estas herramientas tienen un potencial documentado y relevante para mejorar la personalización del aprendizaje, predecir el rendimiento académico y detectar estudiantes en riesgo con niveles de precisión que superan ampliamente los métodos convencionales. Los estudios de Contreras et al. (2022), Guadalupe Beltrán (2025) y Del Carpio-Mendoza (2024) convergieron en señalar que los modelos más efectivos son los que integran variables multidimensionales, incluyendo factores socioeconómicos y familiares además de los estrictamente académicos. Al mismo tiempo, esa multidimensionalidad fue identificada como fuente de riesgos de sesgo estructural que ningún algoritmo puede corregir sin intervención humana deliberada.

La tercera dimensión colocó en el centro del análisis las implicaciones éticas del uso de IA y datos en educación, identificando cuatro dimensiones interconectadas: privacidad, sesgos algorítmicos, integridad académica y equidad de acceso. La revisión de Flores-Vivar y García-Peñalvo (2023), Aretio (2024), la UNESCO (2023) y Sepúlveda Cervantes y Zamora Tovar (2025) fue unánime en señalar que estas dimensiones no son obstáculos técnicos sino condiciones políticas e institucionales cuya resolución requiere marcos normativos, políticas institucionales explícitas y procesos de formación crítica que la mayoría de los sistemas educativos actuales no han desarrollado suficientemente.

La cuarta dimensión mostró que el impacto de la IA sobre el descubrimiento científico es de una magnitud que redefine los paradigmas epistemológicos del conocimiento. Los casos de AlphaFold, LucaProt y las plataformas de diseño

molecular documentados a través de National Geographic (2024), el Foro Económico Mundial (2024) y Faizullabhoy (2023) confirmaron que la IA no solo acelera procesos existentes sino que abre dominios de conocimiento estructuralmente inaccesibles para la inteligencia humana sin asistencia computacional. Esa apertura plantea preguntas filosófica y políticamente urgentes sobre la atribución del descubrimiento, la gobernanza del conocimiento generado algorítmicamente y la distribución de sus beneficios entre los diferentes actores de la comunidad científica global.

El aporte global del capítulo reside en haber articulado, desde una perspectiva integradora, las dimensiones técnicas, pedagógicas, éticas y epistemológicas de la IA educativa y científica en un análisis que ninguna de ellas puede producir de manera aislada. Las implicaciones conceptuales son claras: una integración responsable de la inteligencia artificial en la educación y la ciencia no puede ser gestionada exclusivamente por técnicos, ni por pedagogos, ni por éticos, ni por políticos actuando de manera independiente. Requiere la confluencia de todas esas perspectivas en torno a la pregunta fundamental que este capítulo no ha intentado cerrar sino hacer más precisa y urgente: ¿para qué y para quién debe operar la inteligencia artificial en los sistemas de producción y transmisión del conocimiento?

## Referencias bibliográficas

- Aretio, L. G. (2024). La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa. *RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 9-39.
- Contreras Bravo, L. E., Nieves-Pimiento, N., y González-Guerrero, K. (2022). Prediction of university-level academic performance through machine learning mechanisms and supervised methods. *Ingeniería*, 28(1), e19514. <https://doi.org/10.14483/23448393.19514>
- Del Carpio-Mendoza, R. (2024). Predicción del rendimiento académico utilizando modelos de aprendizaje automático: una revisión sistemática de la literatura. *593 Digital Publisher CEIT*, 9(6), 1038-1054. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.6.2797>
- Faizullabhoj, M. (2023). Inteligencia artificial en el mercado de la genómica: por componente, tecnología, funcionalidad, aplicación, usuario final; pronóstico global 2023-2032 (GMI6051). Grand View Research.
- Flores-Vivar, J. M., y García-Peñalvo, F. J. (2023). Reflexiones sobre la ética, potencialidades y retos de la inteligencia artificial en el marco de la educación de calidad (ODS4). *Comunicar*, 30(74), 37-47. <https://doi.org/10.3916/C74-2023-03>
- Forero-Corba, W., y Negre Bennasar, F. (2024). Técnicas y aplicaciones del machine learning e inteligencia artificial en educación: una revisión sistemática. *RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1), 209-253. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37491>
- Foro Económico Mundial. (2024). IA para el descubrimiento científico: top 10 tecnologías emergentes 2024. <https://es.weforum.org/stories/2024/07/la-ia-va-a-hacer-que-los-medicamentos-sean-mas-baratos-3-expertos-sobre-como-la-ia-afectara-descubrimientos-cientificos/>
- Gaceta Médica. (2025). 2025, el año en que la medicina aceleró su transformación: de la edición genética a la inteligencia artificial.

<https://gacetamedica.com/investigacion/2025-medicina-transformacion-edicion-genetica-inteligencia-artificial/>

Guadalupe Beltrán, E. S. (2025). Big Data y educación: cómo la analítica predictiva mejora las estrategias de evaluación en el aula. *Revista Veritas de Difusão Científica*, 6(1), 3004-3022. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i1.559>

Martínez Ramírez, P., Hernández Alvarado, M., y Solís Guerrero, F. (2023). Una revisión sistemática del uso de la inteligencia artificial en la educación. *Revista Colombiana de Cirugía*, 39(1), 51-63.

Miao, F., y Holmes, W. (2023). Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación. UNESCO-IESALC.

National Geographic. (2024). Los 3 descubrimientos en biotecnología de 2024 que han sido posibles gracias a la inteligencia artificial. [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/3-descubrimientos-biotecnologia-2024-posibles-gracias-a-inteligencia-artificial\\_23944](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/3-descubrimientos-biotecnologia-2024-posibles-gracias-a-inteligencia-artificial_23944)

Observatorio de Innovación Educativa Tecnológico de Monterrey/eLinC. (2024). 6 tendencias de IA generativa en educación para 2024: posibilidades de uso y riesgos. UOC.

Rodríguez Vieira, M. G. (2024). Perspectivas de la inteligencia artificial en la educación universitaria: un análisis basado en la literatura académica. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria*, 3(3), 175-198.

Romani, G., Torres-Zambrano, J., y Cordero-Castillo, A. (2025). Revisión sistemática de inteligencia artificial generativa (GenIA) para el diseño de ambientes de aprendizaje en educación superior. *Revista Espacios*, 46(3), 1-21. <https://www.revistaespacios.com/a25v46n03/a25v46n03p02.pdf>

Rodríguez Vieira, M. G., Torres-Zambrano, J., y otros. (2023). El impacto de la inteligencia artificial generativa en educación superior: una mirada desde la ética y la integridad académica. *RELIEVE: Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 29(2), 1-19.

- Sepúlveda Cervantes, G., y Zamora Tovar, I. (2025). Actitudes de estudiantes universitarios ante la inteligencia artificial generativa: revisión bibliográfica cualitativa. *Realidad y Reflexión*, 62, 1-24. <https://www.camjol.info/index.php/RyR/article/download/21722/26437>
- Tramallino, C., y Zeni, A. M. (2024). Avances y discusiones sobre el uso de inteligencia artificial (IA) en educación. *Educación*, 33(64), 29-54. <https://doi.org/10.18800/educacion.202401.M002>
- UNESCO. (2023). Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación.
- Valdez-Cárdenas, A., García-Hernández, M., Ruiz-Martínez, L., y Sánchez-López, P. (2025). Uso de la inteligencia artificial generativa (IAGEN) en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la licenciatura en administración. *Perfiles Educativos*, 47(189), 1-19.

# SOSTENIBILIDAD, RESPONSABILIDAD SOCIAL Y ÉTICA EN LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

*Sustainability, social responsibility, and ethics in technological innovation*

## ***Autores del Capítulo:***

**David Arturo Yépez González <sup>1</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*david.yepезg@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0002-4972-4830>*

**Erick Oswaldo Quiroz Rojas <sup>2</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*erick.quirozr@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0005-3771-1863>*

**Luis Aníbal Vasco Delgado <sup>3</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*luis.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0002-3093-2493>*

**Juan Carlos Vasco Delgado <sup>4</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*juan.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0003-0587-9758>*

**Geovanny Francisco Ruiz Muñoz <sup>5</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*geovanny.ruizm@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0001-7529-6342>*

## **Resumen**

La convergencia entre sostenibilidad, responsabilidad social corporativa y ética en el desarrollo tecnológico constituye uno de los nodos conceptuales más complejos y urgentes del pensamiento contemporáneo sobre innovación. Este capítulo examina las tensiones, los marcos normativos y las condiciones institucionales que articulan esa convergencia, reconociendo que la relación entre tecnología y sostenibilidad no es automática ni neutra, sino mediada por decisiones políticas, axiológicas y estructurales que determinan a quiénes beneficia la innovación y a quiénes excluye. A través de cuatro ejes analíticos, se abordan los fundamentos teóricos del Triple Bottom Line y la teoría de los stakeholders como marcos evaluativos de la sostenibilidad corporativa; los criterios ESG y su articulación con la innovación tecnológica responsable; las tensiones éticas derivadas del desarrollo y despliegue de tecnologías emergentes, con especial atención a la inteligencia artificial y su huella ambiental; y las condiciones de gobernanza que hacen posible una innovación tecnológica orientada hacia el bien común. Se concluye que la ética no es un componente ornamental de la innovación tecnológica sino una condición estructural de su legitimidad, viabilidad y valor social, y que avanzar hacia una tecnología genuinamente sostenible exige transformar los marcos institucionales que regulan su producción, financiamiento y uso.

**Palabras clave:** sostenibilidad corporativa, responsabilidad social empresarial, criterios ESG, ética tecnológica, innovación responsable, Triple Bottom Line, gobernanza algorítmica

## **Abstract**

The convergence of sustainability, corporate social responsibility, and ethics in technological development constitutes one of the most complex and urgent conceptual nodes in contemporary thinking on innovation. This chapter examines the tensions, normative frameworks, and institutional conditions that articulate this convergence, recognizing that the relationship between technology and sustainability is neither automatic nor neutral, but rather mediated by political, axiological, and structural decisions that determine who benefits from innovation and who is excluded. Through four analytical axes, the chapter addresses the theoretical foundations of the Triple Bottom Line and stakeholder theory as evaluative frameworks for corporate sustainability; ESG criteria and their articulation with responsible technological innovation; the ethical tensions arising from the development and deployment of emerging technologies, with particular attention to artificial intelligence and its environmental footprint; and the governance conditions that make it possible for technological innovation to be oriented toward the common good. It is concluded that ethics is not an ornamental component of technological innovation but a structural condition of its legitimacy, viability, and social value, and that advancing toward genuinely sustainable technology requires transforming the institutional frameworks that govern its production, financing, and use.

**Keywords:** corporate sustainability, corporate social responsibility, ESG criteria, technological ethics, responsible innovation, Triple Bottom Line, algorithmic governance

## I. Introducción

Existe en la relación entre innovación tecnológica y sostenibilidad una tensión que no siempre se hace explícita en los debates corporativos ni en las agendas de política pública: la misma capacidad productiva que ha generado las condiciones materiales para el bienestar moderno, es decir, la industrialización, la automatización y ahora la digitalización masiva, es también la que ha producido las condiciones para la degradación ambiental, la concentración de la riqueza y la erosión de los vínculos comunitarios que la sostenibilidad intenta restaurar. Esta paradoja no es un accidente corregible con más innovación; es constitutiva del modelo de desarrollo capitalista dominante, que históricamente ha externalizado los costos sociales y ambientales de la producción tecnológica hacia las poblaciones más vulnerables y hacia las generaciones futuras.

La noción de desarrollo sostenible irrumpió en el debate global precisamente como respuesta crítica a esa paradoja. Desde el Informe Brundtland de 1987, que introdujo la definición más citada del concepto, el desarrollo sostenible ha buscado articular la prosperidad económica, la equidad social y la integridad ambiental en una visión integrada que garantice que la satisfacción de las necesidades del presente no comprometa la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias (Comisión Brundtland, referenciada en Ortiz Palafox, 2025). Esta definición, aparentemente sencilla, tiene implicaciones radicales: exige repensar los criterios con que se evalúa el éxito empresarial, los incentivos que orientan la innovación y los marcos jurídicos que gobiernan la producción tecnológica.

En ese contexto, la responsabilidad social corporativa emergió como el dispositivo conceptual a través del cual las organizaciones comenzaron a reconocer que sus obligaciones no se agotan en la maximización del retorno a los accionistas sino que se extienden a un conjunto más amplio de partes interesadas: trabajadores, comunidades locales, consumidores, ecosistemas y, de manera cada vez más explícita, las generaciones futuras. Carroll (1991, referenciado en Alcivar-Soria, 2024) estableció la pirámide clásica de la RSC identificando cuatro dimensiones interdependientes: la responsabilidad económica, como condición de existencia de la empresa; la responsabilidad

legal, como marco mínimo de cumplimiento; la responsabilidad ética, como conjunto de normas y expectativas que la sociedad impone más allá de la ley; y la responsabilidad filantrópica, como expresión voluntaria del compromiso con el bienestar colectivo. Esta taxonomía, aunque criticada por algunos autores por su carácter jerárquico y por subordinar la ética a la economía, estableció un lenguaje común que ha permeado décadas de investigación sobre sostenibilidad empresarial.

El surgimiento de los criterios ESG, ambientales, sociales y de gobernanza, en el vocabulario de los mercados financieros y de la gestión corporativa representa la expresión más reciente y quizás la más operacionalmente desarrollada de esa transformación conceptual. Los criterios ESG no nacieron de la reflexión ética sino de la lógica del riesgo: los inversores institucionales comenzaron a reconocer que las empresas que ignoraban sus impactos ambientales, sociales y de gobernanza acumulaban pasivos no contabilizados que tarde o temprano se materializaban en pérdidas financieras, sanciones regulatorias o daños reputacionales (Chontasi et al., citados en Dominio de las Ciencias, 2025). Esta genealogía del criterio ESG desde la gestión del riesgo antes que desde la ética es importante porque explica tanto sus fortalezas como sus limitaciones: puede impulsar cambios conductuales significativos en las empresas, pero puede también reducir la sostenibilidad a un instrumento de reputación corporativa, lo que ha generado el fenómeno del greenwashing, o lavado verde, como una de las tensiones más urgentes del campo.

La innovación tecnológica agrega a este panorama una dimensión de complejidad que los marcos clásicos de la RSC no estaban diseñados para gestionar. La velocidad del cambio tecnológico, la escala de sus impactos, la asimetría entre quienes diseñan las tecnologías y quienes sufren sus consecuencias, y la dificultad para anticipar efectos no intencionados en sistemas sociotécnicos altamente interconectados, plantean desafíos éticos e institucionales que ningún estándar de reporte ni ningún criterio de evaluación del desempeño corporativo puede capturar de manera completa (UNESCO, 2021). La inteligencia artificial, en particular, ha hecho urgente una discusión que el campo de la ética tecnológica venía desarrollando en términos abstractos: qué significa que una tecnología sea responsable, quién tiene la autoridad para

determinarlo y qué mecanismos de gobernanza son necesarios para que esa determinación tenga consecuencias reales.

Este capítulo se propone examinar esas preguntas desde una perspectiva que integra los debates sobre sostenibilidad corporativa, responsabilidad social, ética tecnológica y gobernanza de la innovación. El análisis se organiza en cuatro ejes: los fundamentos conceptuales del Triple Bottom Line y la teoría de los stakeholders como marcos evaluativos de la sostenibilidad; los criterios ESG y su relación con la innovación tecnológica responsable; las tensiones éticas más acuciantes del desarrollo tecnológico contemporáneo, con énfasis en la IA y la economía circular; y las condiciones de gobernanza que pueden orientar la innovación hacia fines de bien común. A través de ese recorrido, emerge una comprensión más matizada de por qué la ética no es un complemento opcional de la innovación tecnológica sino una condición de su legitimidad y su pertinencia social.

## **II. Desarrollo**

### **2.1. Triple Bottom Line y teoría de los stakeholders: los fundamentos evaluativos de la sostenibilidad corporativa**

La transformación conceptual más profunda que ha experimentado el pensamiento sobre la empresa en las últimas tres décadas puede resumirse en una pregunta: ¿ante quién responde una organización? La respuesta tradicional, articulada en la teoría neoclásica de la firma y popularizada por Milton Friedman, era inequívoca: ante sus accionistas, cuyo interés se mide exclusivamente en términos de retorno financiero. La emergencia del pensamiento sobre sostenibilidad corporativa ha desplazado esa respuesta hacia una concepción radicalmente más amplia, que reconoce en la organización un actor social con responsabilidades hacia múltiples partes interesadas cuyos intereses no siempre son convergentes ni jerarquizables de manera simple.

El Triple Bottom Line, propuesto por John Elkington en 1994 y desarrollado en su obra *Cannibals with Forks* (1997), representó el intento más sistemático de operacionalizar esa transformación conceptual. El TBL establece que el desempeño organizacional debe evaluarse simultáneamente en tres

dimensiones: la económica, relativa al impacto de la empresa en la prosperidad de sus grupos de interés y en el contexto económico más amplio; la social, referida al impacto en las personas que operan dentro y alrededor de la organización; y la ambiental, concerniente al impacto sobre los sistemas ecológicos que sostienen la vida (Gamboa et al., 2022, citados en Redalyc, 2022). La característica más decisiva del TBL, señalada con precisión por García López (2015, referenciado en Redalyc, 2022), es el establecimiento de límites que permiten asignar valores cuantitativos a situaciones no únicamente económicas, superando la ilusión de que solo lo medible en términos monetarios merece atención estratégica.

La teoría de los stakeholders, desarrollada por Freeman (1984) y ampliamente extendida desde entonces, proporciona el marco relacional dentro del cual el TBL cobra sentido operacional. La tesis central de esta teoría es que la capacidad de una organización para generar riqueza sostenible a largo plazo está determinada por la calidad de sus relaciones con el conjunto de grupos e individuos que pueden afectar o ser afectados por el logro de sus objetivos (Sustentarse, s.f.). Esta definición amplia del grupo de interés, que incluye no solo a accionistas y empleados sino también a comunidades locales, ecosistemas, reguladores y generaciones futuras, transforma fundamentalmente la lógica de la toma de decisiones corporativa: obliga a considerar efectos e intereses que la contabilidad tradicional simplemente no registra.

Ortiz Palafox (2025), en su revisión de la responsabilidad social corporativa como motor de sostenibilidad en economías emergentes, documenta que las empresas socialmente responsables contribuyen de manera significativa a reducir las desigualdades sociales, a la protección ambiental y al fortalecimiento de comunidades locales. Sus hallazgos son especialmente relevantes para el contexto latinoamericano, donde la presión regulatoria sobre las prácticas de RSC es históricamente menor que en los países europeos o norteamericanos, y donde la distancia entre los compromisos declarados y las prácticas efectivas tiende a ser mayor. La investigación concluye que la RSC, cuando se integra estratégicamente con la ética empresarial, contribuye al desarrollo de una sociedad más justa y sostenible, posicionando a las empresas como actores fundamentales del bienestar social y ambiental.

La tensión más productiva dentro del debate sobre el TBL es la que se establece entre sus posibilidades como herramienta de evaluación comprensiva y sus limitaciones como instrumento de transformación estructural. Elkington mismo, en un ensayo autocrítico publicado en 2018, señaló que el concepto había sido cooptado por las corporaciones para legitimar prácticas que producían mejoras marginales en sus dimensiones ambiental y social mientras mantenían intactas las lógicas extractivas de fondo. Esta observación resuena con la crítica que Nau Yuumak (2024) formula al señalar que la RSC, cuando no va acompañada de un cambio cultural profundo en los valores corporativos, tiende a convertirse en un ejercicio de gestión de imagen antes que en una transformación genuina de las prácticas empresariales. El greenwashing es la expresión más visible de esa degeneración conceptual, pero no la única: el social washing, la promesa vacía de beneficios comunitarios sin compromisos verificables, sigue siendo una práctica extendida.

Alcivar-Soria (2024) refuerza esta lectura al documentar que las empresas que implementan la RSC de manera estratégica e integrada, es decir, no como una función separada de relaciones públicas sino como un criterio transversal que informa todas las decisiones organizacionales, obtienen ventajas competitivas medibles en términos de reputación, acceso a financiamiento, atracción de talento y lealtad del cliente. Este hallazgo es significativo porque sugiere que existe una articulación posible entre el imperativo ético de la sostenibilidad y los incentivos económicos del mercado, aunque esa articulación requiere condiciones institucionales específicas para realizarse. La clave, como bien señala la literatura revisada, no es la magnitud de los recursos invertidos en RSC sino la coherencia entre los valores declarados y las prácticas efectivas.

La convergencia entre el TBL, la teoría de los stakeholders y los marcos de RSC ha producido, en las últimas dos décadas, un ecosistema de estándares, métricas e instrumentos de reporte que intentan operacionalizar la sostenibilidad corporativa de manera comparable entre sectores, geografías y tamaños de empresa. El Global Reporting Initiative, los principios del Pacto Global de Naciones Unidas y, más recientemente, la Directiva de Informes de Sostenibilidad Corporativa (CSRD) de la Unión Europea, representan los hitos más importantes de ese proceso de institucionalización. Sin embargo, la

proliferación de marcos de reporte ha generado también una fragmentación que dificulta la comparación, favorece la selección estratégica de los indicadores más favorables y puede convertirse en un sustituto burocrático del cambio real. Este riesgo es especialmente agudo en el contexto de la innovación tecnológica, donde la velocidad del cambio y la complejidad de los impactos superan con frecuencia la capacidad de los marcos normativos existentes para capturarlos.

## **2.2. Criterios ESG e innovación tecnológica responsable: convergencias y contradicciones**

La consolidación de los criterios ESG como eje central de la gestión corporativa contemporánea representa uno de los cambios más significativos en la relación entre empresas, mercados y sociedad de las últimas décadas. Lejos de ser una moda pasajera o una concesión retórica a las demandas de la sociedad civil, los criterios ESG se han convertido en una dimensión sustantiva de la evaluación del riesgo y de la valoración financiera de las organizaciones, con efectos mensurables sobre su acceso a capital, su posición competitiva y su licencia social para operar (Dominio de las Ciencias, 2025). Sin embargo, ese mismo proceso de consolidación ha generado tensiones conceptuales que la literatura especializada no ha resuelto plenamente.

La primera tensión es la que se establece entre la instrumentalización financiera de los criterios ESG y su fundamentación ética. Los criterios ESG nacieron, como ya se señaló, de la lógica del riesgo financiero antes que de la reflexión moral sobre las obligaciones de las organizaciones con la sociedad y el ambiente. Esa genealogía tiene consecuencias conceptuales importantes: si la sostenibilidad ambiental y social se persiguen porque reducen el riesgo financiero y mejoran la reputación corporativa, entonces son susceptibles de ser abandonadas cuando el cálculo de costo-beneficio apunte en otra dirección. La experiencia reciente con el movimiento anti-ESG liderado por algunos actores del mercado financiero norteamericano ilustra con precisión esa fragilidad: cuando los compromisos ESG se perciben como obstáculos para la rentabilidad a corto plazo, tienden a debilitarse en ausencia de marcos regulatorios vinculantes que los sostengan.

En ese sentido, el Reglamento Europeo de Inteligencia Artificial, aprobado en 2024, representa un precedente regulatorio de enorme importancia. Al establecer requisitos estrictos de trazabilidad y supervisión para todos los sistemas de IA de alto riesgo, incluyendo los relacionados con decisiones empresariales, financieras y de contratación, el reglamento convierte la ética algorítmica de un imperativo moral voluntario en una obligación legal verificable (MIL Madrid, 2025). Este desplazamiento del discurso ético hacia la obligación regulatoria es precisamente el que da viabilidad institucional a la convergencia entre innovación tecnológica y criterios ESG: no porque las empresas hayan internalizado los valores de la sostenibilidad como principios propios, sino porque el incumplimiento genera consecuencias legales y reputacionales que hacen racional la conformidad.

La dimensión ambiental de los criterios ESG en el contexto de la innovación tecnológica plantea una paradoja que ha generado un debate creciente en la literatura especializada. La inteligencia artificial se presenta simultáneamente como una herramienta para mejorar la sostenibilidad ambiental, mediante la optimización de redes energéticas, la gestión de cadenas de suministro eficientes y el monitoreo de ecosistemas, y como una fuente de impacto ambiental significativo, a través del consumo energético masivo de los centros de datos que la sustentan. Según datos documentados por MIL Madrid (2025), los centros de datos ya representan entre el 1 % y el 1,5 % del consumo eléctrico global, y la IA podría duplicar esa cifra antes de 2030, alcanzando un volumen equiparable al consumo total de electricidad de un país mediano. El entrenamiento de modelos de lenguaje de gran escala, en particular, genera emisiones de carbono que los propios investigadores del campo han comenzado a cuantificar y a denunciar como insostenibles si no se adoptan medidas específicas de eficiencia energética.

Esta paradoja de la IA como herramienta y como problema de sostenibilidad ambiental ha generado el concepto de IA verde, que agrupa un conjunto de estrategias técnicas y de gestión orientadas a reducir la huella ambiental del desarrollo y despliegue de sistemas de IA. Estas estrategias incluyen la optimización de algoritmos para reducir los requerimientos computacionales, el uso de energías renovables para alimentar los centros de datos, el diseño de

hardware más eficiente energéticamente y la reutilización de equipos para minimizar los residuos electrónicos (IA-ON, 2025). Según datos de Google referenciados en IA-ON (2025), el uso combinado de una arquitectura de modelo más eficiente, un procesador optimizado y un centro de datos ecológico puede reducir la huella de carbono de la tecnología entre cien y mil veces respecto a las configuraciones convencionales. Estos datos son alentadores en términos técnicos, pero no alteran el análisis estructural: la expansión exponencial del uso de IA cancela con creces las ganancias de eficiencia por unidad, lo que significa que la IA verde necesita escalar a una velocidad mayor que la propia expansión del mercado de IA para producir beneficios netos en términos de emisiones.

La Forética (2025), en su manifiesto por una Inteligencia Artificial Responsable y Sostenible, ha articulado cinco principios que sintetizan las expectativas del sector empresarial europeo respecto al uso ético de la IA: transparencia, explicabilidad de los modelos, equidad en el tratamiento de todos los grupos sociales, accountability ante los efectos de las decisiones algorítmicas y sostenibilidad ambiental del propio desarrollo tecnológico. Lo significativo de ese manifiesto no es solo su contenido sino su origen: el hecho de que organizaciones empresariales de primer nivel hayan adoptado voluntariamente ese marco sugiere que la ética de la IA ha alcanzado un umbral de institucionalización que trasciende los debates académicos para instalarse en la agenda estratégica de las corporaciones.

La dimensión social de los criterios ESG en el contexto tecnológico es igualmente compleja. Mateos Sangabriel et al. (2024), en su análisis de la IA como herramienta de gestión para la sostenibilidad empresarial en México, concluyen que la IA puede emplearse estratégicamente en los sectores social, de gobernanza y medioambiental de los criterios ESG, pero que esta posibilidad se realiza solo cuando las empresas aseguran que sus prácticas sean éticas y respetuosas con los procedimientos y la privacidad de los datos. La conclusión del estudio es relevante porque subraya que la IA no es intrínsecamente favorable a la sostenibilidad social: puede ser usada para optimizar la gestión de recursos humanos de manera que incremente la productividad a costa del bienestar de los trabajadores, puede reproducir sesgos de contratación que

perpetúan la discriminación, y puede concentrar la creación de valor en los propietarios de los sistemas mientras desplaza empleos sin generar alternativas.

### **2.3. Ética tecnológica y la huella de la innovación: del diseño a la gobernanza**

La ética de la innovación tecnológica no es una disciplina filosófica abstracta desconectada de las decisiones prácticas de diseño, financiamiento y despliegue de tecnologías. Es, por el contrario, un conjunto de preguntas concretas e inaplazables que emergen en cada etapa del ciclo de vida de los artefactos técnicos: ¿qué valores incorpora esta tecnología en su diseño? ¿Quiénes participaron en las decisiones sobre sus funciones y sus límites? ¿Cómo se distribuyen sus beneficios y sus costos? ¿Qué mecanismos existen para que quienes resultan perjudicados por ella puedan reclamar y obtener reparación? La ausencia de respuestas claras a esas preguntas no significa que no haya respuestas implícitas; significa que las respuestas las han tomado unilateralmente quienes tienen el poder de hacerlo.

La UNESCO ha articulado con precisión los fundamentos de una ética de la IA que puede extenderse como marco para la innovación tecnológica en general. En su Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial, adoptada por aclamación por los 193 Estados miembros en 2021, la UNESCO estableció cuatro valores fundamentales: respeto y protección de los derechos humanos y las libertades fundamentales; prosperidad del medioambiente y los ecosistemas; garantía de la paz y la seguridad; y salvaguarda de los procesos democráticos de deliberación colectiva (UNESCO, 2021).

Lo que hace notable a ese documento no es solo su amplitud conceptual sino su reconocimiento explícito de que los sistemas de IA deben ser auditables y trazables, y que deben existir mecanismos de supervisión, evaluación de impacto y diligencia debida para evitar conflictos con las normas de derechos humanos y amenazas al bienestar medioambiental. Este mandato de auditabilidad es fundamentalmente incompatible con la opacidad que caracteriza a los sistemas de caja negra dominantes en el mercado de la IA.

Gabriela Ramos, directora general adjunta de la UNESCO para las Ciencias Sociales y Humanas, ha señalado en términos directos que las tecnologías de IA no pueden simplemente desarrollarse y llegar al mercado sin medir cuáles son sus consecuencias, y que deben evaluarse y luego dirigirse a resolver los problemas que tenemos como seres humanos (Noticias ONU, 2024). Esta postura, enunciada en el contexto de la presentación del diagnóstico de preparación de México para la IA, apunta hacia una concepción de la ética tecnológica no como restricción externa a la innovación sino como condición interna de su valor: una tecnología que no resuelve problemas humanos reales, que los crea o que los resuelve solo para algunos mientras los agrava para otros, no es éticamente justificable independientemente de su sofisticación técnica.

Robbins y van Wynsberghe (2022), en un análisis de la IA como nueva infraestructura pública, advierten sobre el riesgo de quedar atrapados en una senda de desarrollo insostenible. Su argumento central es que las decisiones sobre la arquitectura de los sistemas de IA, tomadas hoy bajo presiones de mercado y con horizontes temporales cortos, pueden crear dependencias tecnológicas de difícil reversión que comprometen la capacidad futura de las sociedades para reorientar esa infraestructura hacia fines más sostenibles. Esta observación conecta directamente con el debate sobre gobernanza: si las decisiones fundamentales sobre la arquitectura tecnológica son tomadas unilateralmente por unas pocas corporaciones con escasa supervisión democrática, la posibilidad de corrección posterior se vuelve estructuralmente limitada.

Revista InveCom (2025), en su revisión sistemática sobre ética y sostenibilidad en la innovación tecnológica, concluye que la innovación tecnológica y el cuidado ambiental no son objetivos opuestos, y que mediante la promoción de tecnologías sostenibles, la implementación de políticas adecuadas y la educación ambiental es posible lograr un equilibrio que permita el desarrollo económico sin comprometer la salud del planeta. La investigación destaca particularmente la importancia de integrar consideraciones éticas, sociales y ambientales en todas las etapas del ciclo de vida de la innovación, incluyendo el diseño, la producción, el uso y el desecho. Este enfoque de ciclo de vida

completo es esencial para evitar que las ganancias ambientales obtenidas en una fase del ciclo sean canceladas por impactos negativos en otras.

La economía circular representa, en ese sentido, uno de los marcos más prometedores para operacionalizar la ética ambiental en el sector tecnológico. La industria electrónica, caracterizada por ciclos de obsolescencia acelerada, cadenas de suministro globales con impactos sociales y ambientales significativos y volúmenes crecientes de residuos electrónicos, es simultáneamente uno de los sectores donde la economía circular tiene mayor potencial de impacto y donde el desplazamiento desde el modelo lineal de producir-usar-desechar hacia el modelo circular de diseñar para la durabilidad, la reparabilidad y el reciclaje enfrenta mayores resistencias estructurales (OBS Business School, 2025). ANOVO (2024) ha documentado que la adopción de modelos circulares en la industria tecnológica ha contribuido a reducir las emisiones de carbono en aproximadamente un 20 % en comparación con los modelos lineales tradicionales, y que la eficiencia en el uso de recursos ha aumentado en torno a un 30 %. Estos datos, aunque provisionales y sujetos a verificación contextual, sugieren que la transición hacia la economía circular en el sector tecnológico no es solo éticamente deseable sino económicamente viable.

### Tabla 1

*Marcos éticos y normativos para la innovación tecnológica responsable: alcances, principios y tensiones*

<b>Marco normativo</b>	<b>Origen</b>	<b>Principios centrales</b>	<b>Alcance territorial y sectorial</b>	<b>Tensiones identificadas</b>
<i>Recomendación sobre Ética de la IA</i>	UNESCO (2021)	Derechos humanos, bienestar ambiental, paz, democracia	Global, todos los sectores	No vinculante; implementación desigual; solo 7 países con marcos nacionales en 2022
<i>Reglamento Europeo de IA (AI Act)</i>	Unión Europea (2024)	Trazabilidad, supervisión, proporcionalidad al riesgo, prohibición de usos de alto riesgo	Europa y proveedores globales que operan en la UE	Tensión entre regulación y competitividad; definición de riesgo contestada

<i>Manifiesto Responsable y Sostenible</i>	IA y	Forética/Consejo Empresarial Español (2024)	Transparencia, equidad, accountability, sostenibilidad ambiental	España, sector empresarial voluntario	Naturaleza voluntaria; riesgo de greenwashing normativo
<i>Principios OCDE de IA</i>		OCDE (2019, actualizado 2024)	Inclusividad, explicabilidad, robustez, accountability	Global, enfocado en países miembros	Resistencia de actores tecnoautoritarios; falta de mecanismos de enforcement

*Nota.* Tabla elaborada con base en UNESCO (2021), MIL Madrid (2025), Forética (2025), CIDOB (2024) y Noticias ONU (2024). Las tensiones identificadas reflejan las limitaciones señaladas en la propia literatura analizada, no valoraciones externas al corpus.

La lectura comparada de estos marcos revela una paradoja institucional de enorme relevancia: los marcos más ambiciosos en términos de alcance y principios son los de menor capacidad de enforcement, mientras que los más vinculantes tienen un alcance geográfico y sectorial limitado. La convergencia entre ética tecnológica y sostenibilidad corporativa requiere, en consecuencia, no solo mejores principios sino mejores mecanismos de gobernanza que hagan posible la rendición de cuentas efectiva de los actores con mayor poder para determinar el rumbo de la innovación.

#### **2.4. Gobernanza de la innovación tecnológica: entre la autorregulación y la regulación democrática**

La pregunta sobre cómo gobernar la innovación tecnológica para que sirva a fines de sostenibilidad, equidad y bien común no tiene una respuesta única ni universalmente aplicable. Pero la literatura revisada permite identificar un conjunto de condiciones que emergen de manera recurrente como necesarias para que esa orientación sea posible, más allá de los contextos específicos de aplicación.

La primera condición es la claridad regulatoria. CIDOB (2024) ha analizado el debate europeo sobre la gobernanza algorítmica identificando uno de sus dilemas más fundamentales: la potencia de las grandes empresas tecnológicas dominantes por liderar el debate sobre los límites de los marcos reguladores, a veces por encima de las voces de la sociedad civil. Esta observación revela que la gobernanza de la innovación tecnológica no es un proceso técnico neutral sino un proceso político en el que actores con intereses y recursos muy desiguales

compiten por definir las reglas del juego. La aprobación del Reglamento Europeo de IA en 2024 representa un avance significativo en el sentido de la claridad regulatoria, pero también muestra los límites de ese avance: el proceso de elaboración estuvo marcado por la presión intensa de los grandes actores tecnológicos que buscaban moderar las exigencias de supervisión y trazabilidad.

La segunda condición es la participación activa de múltiples actores en los procesos de gobernanza. Noticias ONU (2024) ha señalado que la elaboración de una estrategia nacional de IA debe ser una conversación de país que involucre al sector privado como principal productor de estas tecnologías, al Estado como responsable de proteger a los individuos y capitalizar sus beneficios, y a la sociedad civil y la academia como aportantes de perspectivas críticas e independientes. Este modelo de gobernanza multiactor no es un ideal abstracto sino una condición práctica para que las políticas de innovación sean legítimas, pertinentes y capaces de anticipar efectos no intencionados que ningún actor aislado puede prever.

La tercera condición concierne específicamente a los mecanismos de rendición de cuentas. IASE México (2024) señala que el éxito de la integración ESG e IA depende de la participación activa del consejo de administración y la alta dirección para garantizar que las iniciativas de sostenibilidad estén alineadas con los valores corporativos y con las expectativas de los stakeholders, y que se requieran marcos sólidos de gobernanza tanto para la gestión de datos ESG como para el uso de IA. Esta observación conecta los imperativos de la gobernanza corporativa interna con los de la gobernanza regulatoria externa, reconociendo que los mecanismos de rendición de cuentas deben operar en ambos niveles simultáneamente para ser efectivos.

La cuarta condición es la inversión en cultura ética organizacional. Nau Yuumak (2024) ha documentado que la RSC, cuando se integra estratégicamente con la ética empresarial, contribuye al desarrollo de una sociedad más justa y sostenible. Pero esa integración estratégica no es un producto de la regulación externa ni de los incentivos del mercado; es el resultado de un proceso deliberado de construcción de cultura organizacional que alinea los valores declarados con las prácticas efectivas a todos los niveles de la jerarquía

corporativa. Sin esa alineación cultural, los marcos de RSC y los criterios ESG se convierten en instrumentos de comunicación corporativa desconectados de la realidad operativa.

**Tabla 2**

*Tensiones y convergencias entre sostenibilidad, responsabilidad social e innovación tecnológica: perspectivas en diálogo*

<b>Dimensión de análisis</b>	<b>Postura optimista</b>	<b>Postura crítica</b>	<b>Condición de síntesis</b>
<i>Relación ética-rentabilidad</i>	Las prácticas ESG mejoran el desempeño financiero a largo plazo	La ética puede ser cooptada por la lógica de gestión del riesgo y el greenwashing	Marcos regulatorios vinculantes que hagan costoso el incumplimiento
<i>IA y sostenibilidad ambiental</i>	La IA puede reducir emisiones globales en un 20 % antes de 2050	La IA consume energía de manera creciente y puede cancelar sus propias ganancias de eficiencia	Desarrollo de IA verde con estándares de eficiencia energética obligatorios desde el diseño
<i>RSC en economías emergentes</i>	Las empresas socialmente responsables reducen desigualdades y fortalecen comunidades	Sin presión regulatoria, la RSC tiende a ser cosmética y asimétrica	Combinación de incentivos de mercado, regulación y presión de la sociedad civil
<i>Gobernanza algorítmica</i>	Los marcos de IA responsable establecen principios claros para la innovación ética	Los marcos voluntarios son capturados por los actores con mayor poder tecnológico	Regulación vinculante con mecanismos de auditoría independiente y participación ciudadana
<i>Economía circular tecnológica</i>	La circularidad reduce emisiones y mejora la eficiencia de recursos	La obsolescencia programada y los incentivos del mercado dificultan la transición circular	Diseño para la durabilidad como estándar regulatorio y cambio de modelo de negocio hacia la servitización

*Nota.* Tabla elaborada con base en Ortiz Palafox (2025), Alcivar-Soria (2024), MIL Madrid (2025), Forética (2025), Nau Yuumak (2024), Revista InveCom (2025) y OBS Business School (2025). Las condiciones de síntesis reflejan propuestas identificadas en la literatura revisada, no recomendaciones normativas externas al corpus.

La segunda tabla sintetiza un patrón que atraviesa toda la literatura revisada: la convergencia entre sostenibilidad, responsabilidad social e innovación tecnológica no es un estado alcanzable mediante una única estrategia sino el resultado de tensiones productivas entre perspectivas e intereses que deben ser gestionadas políticamente. Las condiciones de síntesis identificadas en la columna derecha no son soluciones técnicas sino transformaciones institucionales que requieren voluntad política, inversión sostenida y compromisos colectivos que ningún actor puede producir por separado. Este

reconocimiento de la naturaleza fundamentalmente política de la sostenibilidad tecnológica es la aportación más sustantiva que el análisis conjunto de los ejes precedentes permite formular.

## **2.5. Hacia una innovación tecnológica orientada al bien común**

La pregunta que articula todos los ejes analizados puede formularse de manera directa: ¿es posible innovar tecnológicamente dentro del marco del capitalismo global contemporáneo de manera que los beneficios se distribuyan equitativamente, los impactos ambientales se mantengan dentro de los límites planetarios y los valores de la democracia y los derechos humanos sean respetados? La respuesta que la literatura revisada sugiere no es ni el optimismo ingenuo de quienes ven en la tecnología la solución a todos los problemas que ella misma contribuye a crear, ni el pesimismo paralizante de quienes consideran inevitable el conflicto entre innovación y sostenibilidad.

La ESAN University (2024) ha señalado que la integración de tecnología, innovación y sostenibilidad es esencial para enfrentar los desafíos socioambientales del siglo XXI, y que la academia juega un rol clave en este proceso al proporcionar la investigación necesaria para desarrollar nuevas tecnologías y formar profesionales que lideren la transición hacia una economía sostenible. Esta afirmación, que articula las responsabilidades de múltiples actores, sugiere que el camino hacia una innovación tecnológica orientada al bien común pasa por la confluencia de investigación rigurosa, formación de capacidades, marcos normativos sólidos y culturas organizacionales que interioricen la sostenibilidad como valor antes que como estrategia de comunicación.

El Pacto Mundial de Naciones Unidas ha identificado entre las tendencias más significativas de la sostenibilidad empresarial para 2025 la lucha contra el greenwashing mediante transparencia y la gestión responsable de la cadena de suministro (Ecoembes, 2025). Estas tendencias son relevantes para el campo de la innovación tecnológica porque señalan que la presión regulatoria y social no se limita ya al desempeño ambiental directo de las empresas sino que se extiende a toda la cadena de valor que las sustenta. Para las empresas

tecnológicas, esto significa que sus compromisos de sostenibilidad deben abarcar no solo sus operaciones propias sino también las condiciones laborales, ambientales y éticas bajo las cuales se extraen los minerales que alimentan sus dispositivos, se fabrican sus componentes y se gestionan sus residuos al final del ciclo de vida.

Fernández Mateo y Jambrina Rodríguez (2022), en su análisis de sostenibilidad corporativa y Objetivos de Desarrollo Sostenible, señalan que la innovación orientada a la lucha contra la corrupción es uno de los campos más prometedores de convergencia entre la ética empresarial y la Agenda 2030. La tecnología blockchain, en particular, ofrece posibilidades concretas para la trazabilidad de cadenas de suministro, la verificación de compromisos de sostenibilidad y la reducción de la opacidad en las transacciones comerciales que facilita las prácticas corruptas. Esta aplicación de la tecnología al servicio de la transparencia y la rendición de cuentas es precisamente el tipo de innovación orientada al bien común que el campo de la ética tecnológica propone como alternativa a la innovación guiada exclusivamente por el beneficio privado a corto plazo.

### **III. Conclusiones**

El recorrido a través de los cuatro ejes conceptuales de este capítulo permitió construir una comprensión articulada de la relación entre sostenibilidad, responsabilidad social y ética en la innovación tecnológica, revelando que esa relación no es ni armónica ni conflictiva de manera permanente, sino constitutivamente tensa y mediada por condiciones institucionales, culturales y políticas que la determinan en cada contexto específico.

En la primera dimensión, la revisión de los fundamentos del Triple Bottom Line y la teoría de los stakeholders confirmó que la transformación conceptual más relevante en el pensamiento sobre la empresa moderna ha sido el desplazamiento desde la responsabilidad exclusiva ante los accionistas hacia una concepción ampliada de rendición de cuentas ante múltiples partes interesadas. Los aportes de Ortiz Palafox (2025), Alcivar-Soria (2024) y Nau Yuumak (2024) convergieron en señalar que esa transformación conceptual solo

produce cambios reales cuando va acompañada de una cultura organizacional que interioriza la sostenibilidad como valor antes que como instrumento de gestión de imagen, y que el greenwashing y el social washing son síntomas de la brecha entre el discurso y la práctica que el campo debe seguir abordando con honestidad crítica.

En la segunda dimensión, el análisis de los criterios ESG y su relación con la innovación tecnológica reveló la paradoja central del campo: la IA, que se presenta como herramienta estratégica para la mejora del desempeño ESG de las organizaciones, genera simultáneamente impactos ambientales cuya escala puede cancelar los beneficios que promete si no se adoptan estándares de eficiencia energética obligatorios desde el diseño. Los hallazgos de Mateos Sangabriel et al. (2024) y MIL Madrid (2025) mostraron que la integración de IA y criterios ESG es una necesidad estratégica real pero que requiere gobernanza sólida, transparencia algorítmica y compromisos medioambientales concretos para no convertirse en una nueva forma de innovación irresponsable.

La tercera dimensión colocó en el centro la ética tecnológica como condición estructural de la innovación responsable, no como complemento ornamental. La Recomendación de la UNESCO (2021), el Reglamento Europeo de IA (2024) y los análisis de Robbins y van Wynsberghe (2022) y Revista InveCom (2025) convergieron en un diagnóstico compartido: la velocidad del cambio tecnológico ha superado la capacidad de los marcos normativos existentes para regularlo, y recuperar esa brecha requiere una combinación de regulación vinculante, auditoría independiente y participación ciudadana genuina en las decisiones sobre qué tecnologías desarrollar y con qué fines.

La cuarta y quinta dimensiones mostraron que la gobernanza de la innovación tecnológica sostenible no es un problema técnico sino político, que requiere la confluencia de regulación, cultura organizacional, presión social y compromiso institucional de múltiples actores. Los análisis de CIDOB (2024), Forética (2025), IASE México (2024) y Fernández Mateo y Jambrina Rodríguez (2022) identificaron condiciones concretas que pueden hacer posible esa confluencia, desde la claridad regulatoria hasta la trazabilidad de las cadenas de suministro y la cultura ética interna de las organizaciones.

El aporte global de este capítulo reside en haber mostrado que la ética no es un componente ornamental de la innovación tecnológica sino su condición de legitimidad y valor social. Las implicaciones conceptuales son claras y urgentes: las organizaciones que persiguen la innovación desligada de sus consecuencias sociales, ambientales y éticas no solo generan externalidades que otros deben asumir, sino que erosionan la confianza social en la tecnología y comprometen la posibilidad de que la innovación futura sea recibida como instrumento de bien común. Reconstruir esa confianza exige más que compromisos retóricos y más que cumplimiento regulatorio mínimo: exige una transformación profunda de los valores, las culturas y las estructuras de incentivos que gobiernan quién innova, cómo innova y para qué innova.

## Referencias bibliográficas

- Alcivar-Soria, E. E. (2024). Responsabilidad social corporativa como estrategia para mejorar el rendimiento empresarial. *Revista Científica Zambos*, 3(2), 31-47. <https://doi.org/10.69484/rcz/v3/n2/16>
- ANOVO. (2024). La economía circular en 2024: estrategias y predicciones para empresas tecnológicas.
- CIDOB. (2024). Una IA ética: la UE y la gobernanza algorítmica. Centro de Información y Documentación Internacionales en Barcelona. <https://www.cidob.org/en/publications/ia-etica-ue-gobernanza-algoritmica>
- Díaz-Cruces, E., Méndez Rocasolano, M., y Miró Colmenárez, P. J. (2024). La sostenibilidad corporativa: Un pilar estratégico para el desarrollo sostenible y la competitividad empresarial. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1-18.
- Dominio de las Ciencias. (2025). Sostenibilidad corporativa y ESG (Environmental, Social and Governance). *Dominio de las Ciencias*, 11(1), 1-22. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/4229>
- Ecoembes/The Circular Campus. (2025). Tendencias en sostenibilidad para empresas en 2025. <https://www.ecoembesthecircularcampus.com/tendencias-sostenibilidad-empresas/>
- ESAN University. (2024). Innovación sostenible: Tecnología para la mitigación del impacto ambiental. <https://www.ue.edu.pe/pregrado/blog/noticias/opinando/innovacion-sostenible-tecnologia-para-la-mitigacion-del-impacto-ambiental>
- Fernández Mateo, J., y Jambrina Rodríguez, J. (2022). Sostenibilidad corporativa y Objetivos de Desarrollo Sostenible: innovación para luchar contra la corrupción. *Revista Internacional de Comunicación y Desarrollo*, 4(15), 1-18.

- Forética. (2025). AI on ESG: Manifiesto por una Inteligencia Artificial Responsable y Sostenible. <https://foretica.org/ai-on-esg/>
- Gamboa, K., Herrera, L., y Salcedo, V. (2022). El Triple Bottom Line en las acciones de Responsabilidad Social Universitaria: Caso Universidad Técnica de Machala. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 24(2), 430-444.
- IASE México. (2024). ESG e Inteligencia Artificial: la nueva frontera de la sostenibilidad corporativa. <https://mexico.iase-certifications.com/esg-e-inteligencia-artificial-la-nueva-frontera-de-la-sostenibilidad-corporativa/>
- IA-ON. (2025). IA verde: claves para una revolución sostenible. <https://www.ia-on.es/tendencias/ia-verde-claves-para-una-revolucion-sostenible/>
- Mateos Sangabriel, A., García Gálvez, J. A., y Aguilar Castillo, R. I. (2024). Inteligencia artificial: Una herramienta de gestión para la sostenibilidad empresarial en México. *IIESCA*, 2024(2), 1-18. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2025/02/04SA2024-02.pdf>
- MIL Madrid. (2025). Inteligencia artificial y ESG: el nuevo binomio estratégico que redefine la sostenibilidad empresarial en 2025. <https://milmadrid.es/inteligencia-artificial-esg-sostenibilidad-empresarial/>
- Nau Yuumak Avances de Investigación en Organizaciones y Gestión. (2024). Responsabilidad social corporativa: una estrategia para los negocios. *Nau Yuumak*, 3(5), 1-18. <https://nau.unison.mx/index.php/nau/article/view/82>
- Noticias ONU. (2024). La inteligencia artificial precisa marcos éticos de gobernanza: entrevista con Gabriela Ramos, UNESCO. <https://news.un.org/es/story/2024/07/1531181>
- OBS Business School. (2025). La economía circular en la industria 4.0: cómo las empresas pueden ser más sostenibles. <https://www.obsbusiness.school/blog/la-economia-circular-en-la-industria-40-como-las-empresas-pueden-ser-mas-sostenibles>

Ortiz Palafox, K. H. (2025). Responsabilidad social como motor de la sostenibilidad en economías emergentes. *Revista de Ciencias Sociales*, 31(1), 107-119. <https://doi.org/10.31876/rcs.v31i1.43488>

Revista InveCom. (2025). Ética y sostenibilidad en la innovación tecnológica: revisión sistemática sobre su impacto ambiental. *Revista InveCom*, 6(1), 1-9.

Robbins, S., y van Wynsberghe, A. (2022). Our new artificial intelligence infrastructure: Becoming locked into an unsustainable future. *Sustainability*, 14(8), 1-11. <https://doi.org/10.3390/su14084829>

UNESCO. (2021). Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. <https://www.unesco.org/es/artificial-intelligence/recommendation-ethics>

# GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y MODELOS DE TRANSFERENCIA CIENTÍFICA

*Knowledge management and scientific transfer models*

## ***Autores del Capítulo:***

**Carlota María Bayas Jaramillo <sup>1</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*carlota.bayasj@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0003-4047-6989>*

**Sandra Grimaldi Casadei <sup>2</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*sandra.grimaldic@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0001-8617-9421>*

**Betty Azucena Macas Padilla <sup>3</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*betty.macasp@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0009-0006-2317-6086>*

**Juan Carlos Vasco Delgado <sup>4</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*juan.vascod@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0003-0587-9758>*

**Geovanny Francisco Ruiz Muñoz <sup>5</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*geovanny.ruizm@ug.edu.ec*

*<https://orcid.org/0000-0001-7529-6342>*

## **Resumen**

La gestión del conocimiento y los modelos de transferencia científica constituyen ejes estratégicos del desarrollo organizacional, institucional y nacional en la sociedad del conocimiento. Este capítulo analiza, desde una perspectiva crítica e integradora, las dimensiones conceptuales, estructurales y relacionales que articulan la producción, circulación y apropiación del conocimiento en los ecosistemas de innovación contemporáneos. A través de cuatro categorías analíticas, se examinan los fundamentos epistemológicos de la gestión del conocimiento y la distinción entre el conocimiento tácito y explícito como base de los modelos de conversión; las organizaciones intensivas en conocimiento y su articulación con el capital intelectual como activo estratégico diferenciador; los modelos de transferencia científica y tecnológica entre universidad, empresa y Estado, con especial énfasis en el modelo de la Triple Hélice y sus evoluciones hacia la Cuádruple y Quíntuple Hélice; y las condiciones institucionales, culturales y tecnológicas que hacen posible una gestión del conocimiento estratégicamente orientada. El análisis revela que la gestión del conocimiento no es un proceso técnico de almacenamiento de información, sino una práctica social compleja que requiere cultura organizacional, liderazgo estratégico y mecanismos institucionales de colaboración que traspasen las fronteras entre sectores y disciplinas.

**Palabras clave:** gestión del conocimiento, transferencia tecnológica, modelo SECI, capital intelectual, Triple Hélice, organizaciones intensivas en conocimiento, innovación abierta

## **Abstract**

Knowledge management and scientific transfer models constitute strategic axes of organizational, institutional, and national development in the knowledge society. This chapter analyzes, from a critical and integrative perspective, the conceptual, structural, and relational dimensions that articulate the production, circulation, and appropriation of knowledge in contemporary innovation ecosystems. Through four analytical categories, the chapter examines the epistemological foundations of knowledge management and the distinction between tacit and explicit knowledge as the basis for conversion models; knowledge-intensive organizations and their articulation with intellectual capital as a strategic differentiating asset; scientific and technological transfer models between university, industry, and government, with particular emphasis on the Triple Helix model and its evolutions toward the Quadruple and Quintuple Helix; and the institutional, cultural, and technological conditions that make strategically oriented knowledge management possible. The analysis reveals that knowledge management is not a technical process of information storage but rather a complex social practice that requires organizational culture, strategic leadership, and institutional mechanisms for collaboration that transcend the boundaries between sectors and disciplines.

**Keywords:** knowledge management, technology transfer, SECI model, intellectual capital, Triple Helix, knowledge-intensive organizations, open innovation

## I. Introducción

Hay una pregunta que, en apariencia, podría parecer ingenua pero que se encuentra en el centro de las transformaciones organizacionales más profundas de las últimas décadas: ¿qué sabe una organización y cómo sabe lo que sabe? La respuesta a esa pregunta no es trivial. Las organizaciones contemporáneas operan en entornos de incertidumbre acelerada donde la ventaja competitiva ya no reside en el acceso privilegiado a recursos físicos o financieros, sino en la capacidad de crear, organizar, transferir y aplicar conocimiento de manera más rápida, pertinente e inteligente que los demás actores del sistema. En esa transición, que Peter Drucker denominó tempranamente el paso a la sociedad del conocimiento, el conocimiento dejó de ser un insumo más de la producción para convertirse en el activo estratégico por excelencia, el único que se multiplica cuando se comparte y que se deteriora cuando se acumula pasivamente.

Esta transformación no ha ocurrido sin fricciones ni contradicciones. El conocimiento tiene propiedades que lo distinguen radicalmente de otros activos productivos: es intangible, difícil de medir, parcialmente incodificable, contextualmente situado y socialmente distribuido (Nonaka y Takeuchi, 1995, citados en Salazar Duque y Osorio Espín, 2016). Su gestión, en consecuencia, no puede reducirse a los modelos lineales de administración de recursos físicos. Requiere marcos conceptuales que comprendan la naturaleza epistemológica del conocimiento, las condiciones sociales de su producción y las estructuras institucionales que favorecen o dificultan su circulación entre individuos, grupos, organizaciones y sistemas. La gestión del conocimiento organizacional no es, por tanto, una disciplina administrativa más; es una respuesta conceptual a la pregunta de cómo las organizaciones aprenden, innovan y generan valor de manera sostenida.

El campo adquirió visibilidad académica e institucional de manera acelerada desde los años noventa, cuando el trabajo seminal de Nonaka y Takeuchi sobre la empresa creadora de conocimiento ofreció el primer marco teórico sistemático para comprender cómo las organizaciones producen conocimiento nuevo a través de la interacción entre sus dimensiones tácita y explícita. Desde entonces, la producción académica sobre gestión del conocimiento, capital intelectual y

transferencia tecnológica ha crecido de manera exponencial. Un análisis bibliométrico reciente identificó que la investigación sobre gestión del conocimiento y capital intelectual en el contexto educativo abarca desde enfoques financiero-administrativos centrados en activos intangibles hasta perspectivas sociales y evolutivas que privilegian la capacidad organizacional para generar valor para la sociedad (Marulanda-Grisales y Vera-Acevedo, referenciados en Ciencias de la Información, 2024). Esa pluralidad de enfoques refleja la amplitud constitutiva del campo, pero también su falta de unidad conceptual, que sigue siendo fuente de tensiones productivas.

El problema del conocimiento no se agota, sin embargo, en las fronteras de la organización. En la economía del conocimiento, la ventaja competitiva de los países depende de su capacidad para articular en sistemas coherentes a las instituciones académicas, el tejido empresarial y el Estado, de modo que el conocimiento generado en los laboratorios universitarios pueda fluir hacia la innovación productiva, y que las necesidades del sector empresarial puedan retroalimentar las agendas de investigación. Esa articulación, que el modelo de la Triple Hélice conceptualizó con precisión desde los años noventa, permanece como uno de los desafíos estructurales más persistentes de los sistemas de innovación en América Latina y en la mayor parte de los países en desarrollo, donde las brechas entre la producción científica universitaria y su aplicación en el tejido productivo siguen siendo amplias y resistentes a las intervenciones de política (Garzón Castrillón y Fischer, citados en Espacios, 2018).

La digitalización ha añadido al panorama una dimensión adicional de complejidad. Las tecnologías de la información y la comunicación han transformado las posibilidades técnicas de gestión del conocimiento, haciendo posible el almacenamiento, la búsqueda y la recuperación de volúmenes de información impensables para los sistemas analógicos. Sin embargo, la literatura es unánime en señalar que esas posibilidades técnicas no resuelven por sí solas los problemas de la gestión del conocimiento organizacional, cuya dimensión más crítica sigue siendo la del conocimiento tácito, el que reside en la experiencia, el juicio y las rutinas de las personas, y que por su propia naturaleza no es completamente codificable en ningún sistema de información (Infotecarios, 2021). Gestionar ese conocimiento requiere culturas organizacionales que

favorezcan el intercambio, la reflexión colectiva y la confianza, condiciones que ninguna plataforma tecnológica puede crear por sí sola.

Este capítulo examina, con rigor conceptual y perspectiva crítica, las dimensiones más relevantes de la gestión del conocimiento y los modelos de transferencia científica en el contexto contemporáneo. El análisis se organiza en cuatro ejes: los fundamentos teóricos de la gestión del conocimiento, con especial atención al modelo SECI de Nonaka y Takeuchi y sus alcances y limitaciones críticas; las organizaciones intensivas en conocimiento y el capital intelectual como activo estratégico; los modelos de transferencia científica y tecnológica universidad-empresa-Estado, desde la Triple Hélice hasta sus evoluciones recientes; y las condiciones institucionales que hacen posible una gestión del conocimiento estratégicamente orientada hacia la innovación y el desarrollo.

## **II. Desarrollo**

### **2.1. Fundamentos teóricos de la gestión del conocimiento: conocimiento tácito, explícito y la espiral SECI**

La producción conceptual sobre gestión del conocimiento encuentra su piedra angular en la distinción epistemológica entre dos tipos de conocimiento cuya interacción constituye el motor de la creación de conocimiento organizacional. El conocimiento explícito es aquel que puede ser codificado, sistematizado y transmitido mediante lenguaje formal: normas, procedimientos, bases de datos, manuales técnicos y publicaciones científicas son sus manifestaciones más reconocibles. El conocimiento tácito, en cambio, es personal y contextualmente situado; tiene sus raíces en la experiencia individual acumulada, en los valores, las intuiciones y los modelos mentales que cada persona desarrolla a lo largo de su vida profesional, y que no pueden ser completamente articulados en ningún soporte de información (Nonaka y Takeuchi, 1995, citados en Infotecarios, 2021).

La distinción importa porque define los límites y los desafíos de cualquier estrategia de gestión del conocimiento: lo que puede codificarse puede ser almacenado, recuperado y transferido con relativa facilidad mediante sistemas tecnológicos; lo que permanece en el ámbito tácito solo puede circular a través

de procesos de socialización, aprendizaje compartido y comunidades de práctica que exigen condiciones relacionales específicas.

El modelo SECI, desarrollado por Nonaka y Takeuchi en 1995 y convertido desde entonces en el marco de referencia más citado en la literatura sobre gestión del conocimiento, propone que la creación de conocimiento organizacional ocurre a través de cuatro modos de conversión que se despliegan en espiral a medida que el conocimiento asciende desde los niveles individuales hacia los grupales, organizacionales e interorganizacionales. La socialización convierte conocimiento tácito en tácito mediante el intercambio de experiencias directas, el aprendizaje por observación y la imitación. La exteriorización transforma conocimiento tácito en explícito a través de la articulación de modelos, metáforas y conceptos que hacen comunicable lo que antes permanecía implícito. La combinación integra conocimiento explícito con otro explícito, produciendo nuevas configuraciones de saber codificado. La interiorización convierte el conocimiento explícito en tácito mediante procesos de aprendizaje práctico, simulación y entrenamiento que internalizan el saber codificado y lo convierten en parte del repertorio experiencial del individuo (Praxis Framework, 2025).

La elegancia teórica del modelo SECI no ha estado exenta de críticas que la literatura más reciente ha recogido y profundizado. Quienes como Gourlay (2003, citado en Redalyc, 2015) han examinado críticamente los fundamentos del modelo señalan que Nonaka no menciona la existencia del conocimiento preexistente en las organizaciones, que la distinción entre conocimiento tácito y explícito puede ser confusa y de difícil verificación en la práctica, y que el modelo tiende a circunscribir la creación de conocimiento a las previsiones estratégicas de los gerentes antes que a los procesos emergentes y distribuidos que caracterizan la innovación real. Esta crítica es conceptualmente relevante porque apunta a una limitación estructural del modelo: su énfasis en la conversión controlada de tipos de conocimiento puede oscurecer los procesos más difusos, informales y accidentales a través de los cuales las organizaciones realmente aprenden y producen conocimiento nuevo.

A pesar de esas limitaciones, el modelo SECI sigue siendo fértil como punto de partida para comprender por qué las estrategias de gestión del conocimiento que

se limitan al almacenamiento documental resultan sistémicamente insuficientes. Pájaro-Rocha (2022) señala con precisión que en un contexto donde el cambio es continuo y acelerado, la gestión del conocimiento puede ser utilizada como herramienta de cambio y desarrollo en las organizaciones solo cuando se convierte en un proceso transversal que atraviesa la cultura, las rutinas y los sistemas de incentivos organizacionales. Ese señalamiento conecta la dimensión epistemológica del modelo SECI con su dimensión gerencial: no basta con diseñar procesos de conversión del conocimiento si la cultura organizacional no valora el intercambio, la reflexión colectiva y el aprendizaje de los errores.

La gestión del conocimiento en el sector público agrega complejidades específicas al panorama. Isea et al. (2024, citados en Scielo Venezuela, 2025) proponen reconceptualizar la gestión del conocimiento en clave pública, integrando valores como la participación, la ética del cuidado, la inteligencia institucional y el valor público. Esta perspectiva reconoce que el conocimiento en las organizaciones públicas no puede limitarse a bases de datos o repositorios digitales sino que debe incorporar el saber experiencial, ciudadano y contextual. La gestión del conocimiento en instituciones del Estado, en consecuencia, es también un problema democrático: qué conocimiento se valoriza, quién tiene acceso a él y cómo se incorpora el saber de los ciudadanos en las decisiones institucionales son preguntas con implicaciones políticas que ningún sistema de información puede resolver por sí solo.

Esta articulación entre epistemología del conocimiento, condiciones organizacionales y valores institucionales es la que marca la frontera entre una gestión del conocimiento genuinamente transformadora y una que se reduce a la administración tecnológica de la información. Superar esa reducción exige, como señalan Rodríguez, Calderón, Hurtado y Ocaña (2023, citados en Scielo Venezuela, 2025), reconocer que los sistemas de información afectan y permiten la gestión del conocimiento, pero que los requisitos tecnológicos tienen impactos sobre los requisitos organizacionales que deben gestionarse de manera integrada y no secuencial. La tecnología potencia la gestión del conocimiento; no la sustituye ni la determina.

## **2.2. Capital intelectual y organizaciones intensivas en conocimiento**

Si el modelo SECI ofrece el marco epistemológico para comprender cómo se produce y circula el conocimiento, la noción de capital intelectual proporciona el marco económico y estratégico para comprender por qué ese conocimiento importa desde la perspectiva organizacional. El capital intelectual designa al conjunto de activos intangibles basados en el conocimiento que generan valor presente y futuro para las organizaciones, sin estar registrados en los balances contables tradicionales (Salazar Duque y Osorio Espín, 2016). Esa invisibilidad contable es precisamente lo que convierte al capital intelectual en un campo tan problemático como estratégico: los activos más valiosos de muchas organizaciones contemporáneas, desde su capacidad de innovación hasta las redes de relaciones con clientes y socios, simplemente no aparecen en sus estados financieros convencionales.

La estructura del capital intelectual ha sido conceptualizada de diversas maneras en la literatura, pero la mayoría de los marcos identifican tres componentes fundamentales. El capital humano comprende el conocimiento, las habilidades, las competencias y los valores de las personas que forman parte de la organización. El capital estructural u organizacional incluye los procesos, las rutinas, los sistemas de información, las patentes y la cultura organizacional que permanecen en la organización más allá de las personas que la integran. El capital relacional o social abarca las redes de relaciones con clientes, proveedores, socios estratégicos e instituciones que constituyen una fuente de valor difícilmente replicable por los competidores (Bom Camargo et al., citados en Redalyc, 2018). Esta tríada no es meramente descriptiva sino analítica: permite identificar en cuál de los tres capitales residen las fortalezas y las vulnerabilidades de una organización, orientando así las estrategias de inversión en conocimiento.

Las organizaciones intensivas en conocimiento (OIC) son aquellas para las cuales el conocimiento no es solo un insumo productivo sino el objeto principal de su actividad y la fuente primaria de su ventaja competitiva. Drucker, Sveiby y Lundvall, entre otros, contribuyeron desde distintas perspectivas a conceptualizar estas organizaciones, caracterizadas por la incorporación del

conocimiento en todas sus dimensiones, por su alta dependencia del capital humano y por la naturaleza intangible tanto de sus procesos como de sus productos (Redalyc, OIC, s.f.). Las universidades, los centros de investigación y desarrollo, las firmas de consultoría especializada y las empresas de software son ejemplos paradigmáticos de OIC, aunque la creciente dependencia del conocimiento especializado se ha extendido también a sectores que históricamente operaban con lógicas más industriales.

La Ciencias de la Información (2024) ha documentado en su revisión bibliométrica que la articulación entre gestión del conocimiento y capital intelectual en el contexto educativo cubre enfoques que van desde la medición de activos intangibles hasta la perspectiva social-evolutiva, que se concentra en la capacidad de las instituciones educativas para generar valor para la sociedad a partir del conocimiento. Este tercer enfoque resulta particularmente relevante para comprender la función pública de las instituciones de educación superior como nodos de un sistema de innovación más amplio: sus activos de conocimiento no son simplemente recursos que generan ventaja competitiva institucional, sino contribuciones a lo que los autores denominan la tercera misión de la universidad, es decir, su compromiso con la transferencia de conocimiento, la colaboración con la industria y la contribución al desarrollo económico y social.

En contextos latinoamericanos, la gestión del capital intelectual enfrenta desafíos adicionales que la literatura especializada ha comenzado a documentar con mayor precisión. Moreno-García et al. (2022, referenciados en Redalyc, 2022) evidenciaron en su investigación con exportadores de camarón que el capital intelectual trasciende los recursos intangibles acumulados en un momento dado para manifestarse en las acciones continuas que reflejan habilidades para articular y adaptar elementos internos ante los cambios del entorno competitivo. Esta conceptualización dinámica del capital intelectual, anclada en las capacidades dinámicas organizacionales antes que en el stock estático de activos intangibles, resulta especialmente pertinente para organizaciones que operan en entornos de alta volatilidad e incertidumbre, como los que caracterizan a la mayoría de los ecosistemas productivos latinoamericanos.

La innovación abierta representa, en este contexto, la evolución más significativa de los modelos de gestión del conocimiento organizacional en las últimas dos décadas. Frente al modelo tradicional de innovación cerrada, donde el conocimiento se produce, protege y aplica dentro de las fronteras de la misma organización, la innovación abierta propone que las organizaciones pueden y deben combinar fuentes internas y externas de conocimiento para acelerar la innovación interna y expandir los mercados para el uso externo de la innovación (Gómez y García, citados en Redalyc GC-IA, s.f.). Este desplazamiento hacia la apertura de los procesos de conocimiento tiene implicaciones profundas no solo para la estrategia empresarial sino también para los modelos de transferencia científica y tecnológica que articulan el sistema de innovación en su conjunto.

### **2.3. El modelo de la Triple Hélice y sus evoluciones: universidad, empresa y Estado en el ecosistema de innovación**

La articulación entre producción universitaria del conocimiento, aplicación empresarial de la innovación y regulación e incentivos del Estado constituye el problema estructural central de los sistemas nacionales de innovación. El modelo de la Triple Hélice, propuesto por Henry Etzkowitz y Loet Leydesdorff en 1995, fue el primer marco teórico que conceptualizó esa articulación de manera sistemática, proponiendo que la innovación emerge de la interacción dinámica y evolutiva entre las esferas universitaria, industrial y gubernamental, cuyas fronteras se vuelven progresivamente permeables en la economía del conocimiento (Intangible Capital, 2014).

La potencia conceptual del modelo Triple Hélice reside en su ruptura con el modelo lineal de innovación que había dominado el pensamiento sobre política científica durante décadas: la idea de que la investigación básica produce conocimiento que la aplicada transforma en tecnología y que la industria convierte en productos y servicios. El modelo lineal asignaba a cada actor un papel fijo y separado; el de la Triple Hélice propone que los actores aprenden a asumir roles que históricamente correspondían a los otros: las universidades desarrollan actividades de transferencia tecnológica y crean empresas spinoff; las empresas generan conocimiento básico y colaboran con la formación universitaria; los gobiernos actúan como facilitadores y catalizadores de la

innovación en lugar de meros reguladores externos (Wikipedia Triple Hélice, 2024). Esta hibridación de roles es precisamente la que genera los llamados agentes híbridos de innovación, como los parques tecnológicos, las incubadoras, las oficinas de transferencia de tecnología y los centros de investigación mixtos.

Las Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTT) constituyen la expresión institucional más consolidada de esa hibridación. Según el análisis de Bueno (2007, citado en Scielo OTT, 2013), las OTT permiten dirigir el proceso de transferencia del conocimiento tecnocientífico hacia la generación de innovación, constituyendo una forma institucionalizada de transportar y canalizar ideas, invenciones e innovaciones de los investigadores y cuerpos académicos hacia la industria regional y la sociedad. Su operación concreta incluye la gestión de la propiedad intelectual y las patentes, el licenciamiento de tecnologías, el apoyo a la creación de spin-off universitarias y la facilitación de contratos de investigación cooperativa entre universidades y empresas. El estudio de caso en el Estado de Hidalgo, México, confirma que el éxito de estas oficinas depende en gran medida de la definición clara de su misión, la transparencia en sus políticas y procedimientos y la coherencia de su esquema de participación (Scielo OTT, 2013).

El modelo de la Triple Hélice ha continuado evolucionando en respuesta a transformaciones sociales que el modelo original no anticipaba completamente. La Cuádruple Hélice agrega a los tres actores originales la sociedad civil y los medios de comunicación como cuarto componente, reconociendo que las tecnologías emergentes no siempre coinciden con las demandas y necesidades reales de la sociedad, lo que limita su impacto potencial cuando los usuarios finales no participan en las decisiones sobre qué innovar y cómo (Wikipedia Triple Hélice, 2024). La Quíntuple Hélice va aún más lejos al incorporar la hélice de los entornos naturales, vinculando el sistema de innovación con los imperativos de la sostenibilidad ambiental (Digibug UGR, 2022). Estas extensiones del modelo original son conceptualmente significativas porque reflejan el reconocimiento de que ningún sistema de innovación puede ser sostenible si excluye sistemáticamente a los actores sociales que experimentan sus consecuencias o que gestionan los ecosistemas sobre los cuales opera.

El análisis de las spin-off universitarias ofrece uno de los casos empíricos más ricos para comprender cómo opera el modelo Triple Hélice en la práctica. Rodríguez-Gulías, Fernández-López y Rodeiro-Pazos (2016, citados en Redalyc Triple Hélice, 2022) han documentado que la conformación de spin-offs universitarias favorece la aplicación del conocimiento, la transferencia de tecnología, la innovación, la generación de empleo y el desarrollo industrial, siempre y cuando el modelo de triple hélice sienta las bases para detonar innovaciones tecnológicas en el entorno a través de la red de interacciones entre los actores. La investigación en el Estado de Guanajuato, México, identificó la existencia de un ecosistema de innovación conformado por OTTs, parques tecnológicos, laboratorios nacionales, aceleradoras e incubadoras de negocios, clústeres y programas de financiamiento, que en conjunto generan las condiciones para que las spin-offs universitarias prosperen. Esta arquitectura institucional no surge espontáneamente; es el resultado de decisiones deliberadas de política que han construido, paso a paso, la infraestructura de conocimiento que el modelo Triple Hélice requiere.

La experiencia latinoamericana con el modelo Triple Hélice revela, no obstante, limitaciones estructurales persistentes. La literatura sobre transferencia de conocimiento y tecnología en el contexto de Guayaquil, Ecuador, documenta que las IES no son ajenas a la necesidad de articular sus funciones científicas y sociales con la integración de la investigación con la docencia y, sobre todo, con la integración con la sociedad, el Estado y la industria de forma completa (Scielo Cuba, 2022). Sin embargo, la misma fuente identifica que existen deficiencias en la relación universidad-empresa que limitan la capacidad de las instituciones de educación superior para cumplir plenamente ese rol articulador. Esas deficiencias no son de naturaleza exclusivamente técnica u organizacional; son también culturales, pues implican la necesidad de superar la desconfianza mutua entre el mundo académico y el empresarial que históricamente ha obstaculizado la colaboración en la región.

La transferencia de conocimiento entre la producción científica y su aplicación tecnológica no ocurre únicamente en la dirección de la academia hacia la industria. Las empresas también producen conocimiento valioso que puede retroalimentar la agenda de investigación universitaria, y las comunidades

locales poseen saberes sobre problemas específicos que ninguna institución de educación superior puede generar de manera autónoma. Esta multidireccionalidad del flujo del conocimiento es precisamente lo que la Cuádruple y Quíntuple Hélice intentan capturar conceptualmente, y lo que convierte a los ecosistemas de innovación maduros en sistemas complejos de aprendizaje colectivo donde la generación de valor emerge de la interacción entre actores con perspectivas, saberes y recursos complementarios.

**Tabla 1**

*Modelos de transferencia científica y tecnológica: evolución conceptual, actores y mecanismos de articulación*

<b>Modelo</b>	<b>Actores centrales</b>	<b>Mecanismos de articulación</b>	<b>Aporte conceptual principal</b>	<b>Limitaciones identificadas</b>
<i>Modelo lineal de innovación (Schumpeter, 1934)</i>	Universidad (investigación básica), industria (aplicación), gobierno (financiamiento)	Secuencial y unidireccional: ciencia básica aplicada tecnología mercado	Primera conceptualización sistemática del ciclo innovación-desarrollo	Rigidez secuencial; ignora retroalimentaciones y actores híbridos
<i>Triple Hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 1995)</i>	Universidad, industria, gobierno	OTTs, spin-offs, parques tecnológicos, incubadoras, patentes, licenciamiento	Hibridación de roles; espiral de innovación a través de interacciones entre esferas	Subestima el papel de la sociedad civil y a los usuarios finales de la innovación
<i>Cuádruple Hélice (Carayannis y Campbell, 2009)</i>	Universidad, industria, gobierno, sociedad civil y medios	Participación ciudadana, living labs, plataformas de innovación abierta	Incorpora la demanda social como dimensión constitutiva del sistema de innovación	Complejidad de coordinación; tensiones entre lógicas académica, empresarial y ciudadana
<i>Quíntuple Hélice (Carayannis y Campbell, 2010)</i>	Anterior más entornos naturales y sostenibilidad	Indicadores de impacto ambiental integrados en la evaluación de la innovación	Vincula el sistema de innovación con los límites planetarios y los ODS	Escasa operacionalización empírica; difícil gobernanza multiactor

*Nota.* Tabla elaborada con base en Digibug UGR (2022), Intangible Capital (2014), Wikipedia Triple Hélice (2024), Scielo OTT (2013) y Redalyc Triple Hélice (2022). Las limitaciones identificadas recogen los señalamientos críticos presentes en la propia literatura analizada.

La evolución desde la Triple hacia la Quíntuple Hélice no es solo un añadido cuantitativo de actores al modelo; es una transformación cualitativa de la concepción misma de la innovación. Cada hélice adicional amplía el universo de lo que cuenta como conocimiento relevante para la innovación y de quién tiene

derecho a participar en las decisiones sobre sus orientaciones y sus usos. Esa ampliación progresiva refleja el reconocimiento, que la experiencia histórica ha validado con costosos errores, de que los sistemas de innovación que excluyen sistemáticamente a ciertos actores tienden a producir tecnologías inadecuadas, inequitativas o ambientalmente insostenibles, con independencia de su sofisticación técnica.

#### **2.4. Condiciones institucionales para una gestión del conocimiento estratégicamente orientada**

El análisis de los fundamentos teóricos de la gestión del conocimiento, del capital intelectual y de los modelos de transferencia científica converge en una pregunta práctica que la literatura no siempre responde con la misma claridad con que plantea los marcos conceptuales: ¿qué condiciones concretas deben existir para que una organización, una institución educativa o un sistema nacional de innovación pueda gestionar el conocimiento de manera estratégicamente orientada y no meramente reactiva?

La primera condición, sobre la que la literatura revisada coincide con mayor énfasis, es la cultura organizacional. Pájaro-Rocha (2022) documenta que la gestión del conocimiento puede ser un factor diferenciador a nivel competitivo cuando se convierte en una herramienta de cambio cultural de las organizaciones, pero que ese potencial solo se realiza cuando existe una cultura organizacional que valore el aprendizaje colectivo, el intercambio de experiencias y la gestión sistemática del conocimiento como proceso estratégico transversal. Las organizaciones que solo valoran el conocimiento explícito codificado, o que castigan el error como obstáculo antes que como fuente de aprendizaje, difícilmente podrán gestionar el conocimiento tácito que constituye la mayor parte del saber organizacional relevante.

La segunda condición es el liderazgo estratégico. La revisión sistemática de Scielo Venezuela (2025) sobre gestión del conocimiento en la administración pública señala que, cuando la GC se articula con marcos normativos, cultura organizacional y liderazgo estratégico, se convierte en una herramienta poderosa para transformar la gestión pública hacia formas más inteligentes,

colaborativas y orientadas al conocimiento. El liderazgo estratégico en este contexto no significa control jerárquico de los flujos de conocimiento, sino la capacidad directiva para crear los contextos, los incentivos y las estructuras que hacen posible la generación, circulación y aplicación del conocimiento de manera descentralizada y emergente. Es lo que Nonaka denominó el concepto de Ba, el espacio compartido que sirve como base para la creación de conocimiento (Infotecarios, 2021).

La tercera condición es la infraestructura tecnológica, pero entendida en sus justos límites. Las tecnologías de la información y la comunicación son habilitadores necesarios pero insuficientes de la gestión del conocimiento. El estudio de Rojas (citado en Redalyc GC, s.f.) encontró que en organizaciones donde existe la tecnología de información necesaria pero no una estrategia de gestión de información sistematizada para adquirir, distribuir, interpretar y almacenar el conocimiento que agrega valor a los procesos clave, las posibilidades de la infraestructura técnica permanecen subaprovechadas. Esta observación tiene implicaciones directas para las políticas de digitalización de instituciones públicas y universitarias que invierten cuantiosos recursos en plataformas tecnológicas sin desarrollar simultáneamente las capacidades organizacionales y culturales necesarias para explotar su potencial.

La cuarta condición concierne específicamente a los modelos de transferencia científica: la existencia de estructuras de intermediación capaces de traducir el conocimiento generado en entornos académicos hacia formatos aplicables en contextos empresariales y sociales. Las OTTs, los parques tecnológicos y las incubadoras son las expresiones institucionales más visibles de esa función de intermediación, pero su eficacia depende de condiciones que van más allá de su mera existencia formal: requieren políticas claras de propiedad intelectual, incentivos para la colaboración universidad-empresa, marcos regulatorios que faciliten la creación de spin-offs y recursos humanos especializados en la gestión del ciclo completo de la transferencia tecnológica (Scielo OTT, 2013).

## **Tabla 2**

*Condiciones habilitantes y barreras de la gestión del conocimiento y la transferencia científica: síntesis comparada*

<b>Dimensión</b>	<b>Condiciones habilitantes</b>	<b>Barreras identificadas</b>	<b>Implicaciones para la política</b>
<i>Cultural</i>	Cultura organizacional que valora el intercambio y el aprendizaje colectivo	Acaparamiento del conocimiento; temor al error; desconfianza entre academia y empresa	Programas de desarrollo organizacional; incentivos para la colaboración y el intercambio
<i>Institucional</i>	Estructuras de intermediación (OTTs, parques tecnológicos, spin-offs) y políticas de propiedad intelectual claras	Ausencia o debilidad de las estructuras de intermediación; brechas normativas sobre propiedad intelectual	Políticas públicas que creen y sostengan ecosistemas de innovación; marcos regulatorios facilitadores
<i>Tecnológica</i>	Infraestructura TIC para almacenamiento, búsqueda y recuperación del conocimiento explícito	Sustitución del proceso estratégico de GC por la mera digitalización del almacenamiento documental	Visión integrada de la tecnología como habilitador, no como sustituto de los procesos de conocimiento
<i>Relacional</i>	Redes multiactor que articulan universidad, empresa, Estado y sociedad civil	Desconfianza entre actores; asimetrías de poder; lógicas e incentivos divergentes entre esferas	Espacios institucionales de encuentro y deliberación; modelos de gobernanza compartida de la innovación
<i>Epistémica</i>	Gestión integrada del conocimiento tácito y explícito a través del ciclo SECI	Privilegio del conocimiento codificado sobre el tácito; exclusión de saberes no académicos	Comunidades de práctica; mentorías; rotación estratégica de personal; programas de aprendizaje experiencial

*Nota.* Tabla elaborada con base en Pájaro-Rocha (2022), Scielo Venezuela (2025), Redalyc GC (s.f.), Scielo OTT (2013), Infotecarios (2021), Garzón Castrillón y Fischer (Espacios, 2018) y Ciencias de la Información (2024). Las condiciones habilitantes y las barreras identificadas reflejan convergencias de la literatura revisada, no prescripciones normativas externas al corpus.

La lectura articulada de ambas dimensiones de la tabla revela que las condiciones habilitantes y las barreras no son fenómenos independientes que se resuelven por separado, sino dimensiones interdependientes de un sistema que debe ser abordado con estrategias coherentes y simultáneas. Una organización puede tener la mejor infraestructura tecnológica del mundo y estructuras de intermediación formalmente consolidadas, pero si su cultura organizacional castiga el error y desconfía del intercambio, la gestión del conocimiento permanecerá estructuralmente limitada. Inversamente, una cultura organizacional rica en colaboración y aprendizaje colectivo puede producir conocimiento relevante, pero si no cuenta con estructuras de intermediación

capaces de traducirlo hacia aplicaciones concretas, ese conocimiento permanecerá encapsulado en la organización que lo generó.

### **III. Conclusiones**

El análisis desarrollado a través de los cuatro ejes de este capítulo permitió construir una comprensión articulada y crítica de la gestión del conocimiento y los modelos de transferencia científica que va más allá de los marcos descriptivos para situarse en el terreno de las condiciones, las tensiones y las implicaciones estructurales.

En la primera dimensión, se estableció que la distinción entre conocimiento tácito y explícito, y el modelo SECI propuesto por Nonaka y Takeuchi, ofrecen un marco epistemológico fértil pero no exento de limitaciones críticas importantes. La literatura revisada, incluyendo los análisis de Infotecarios (2021), Pájaro-Rocha (2022) y Scielo Venezuela (2025), convergió en señalar que la gestión del conocimiento genuinamente estratégica exige ir más allá del almacenamiento documental para crear condiciones culturales e institucionales que habiliten la circulación del conocimiento tácito, el más valioso y el menos codificable. Las críticas al modelo SECI, lejos de invalidarlo, señalaron sus límites de aplicabilidad y la necesidad de complementarlo con perspectivas que valoren los procesos emergentes y distribuidos de creación del conocimiento.

En la segunda dimensión, el análisis del capital intelectual y las organizaciones intensivas en conocimiento reveló que los activos más valiosos de las organizaciones contemporáneas son precisamente los más difíciles de medir y de proteger. Los trabajos de Salazar Duque y Osorio Espín (2016), Bom Camargo et al. (Redalyc, 2018) y Moreno-García et al. (Redalyc, 2022) mostraron que el capital intelectual no puede reducirse a un inventario estático de activos intangibles sino que debe concebirse como una capacidad dinámica de articular y adaptar el conocimiento ante los cambios del entorno. La innovación abierta, conceptualizada por Gómez y García (Redalyc GC-IA, s.f.), representó en ese contexto la evolución más significativa de los modelos de gestión del conocimiento, al disolver las fronteras entre los procesos internos y externos de producción del conocimiento.

En la tercera dimensión, la revisión de los modelos Triple, Cuádruple y Quíntuple Hélice mostró que la articulación entre universidad, empresa y Estado no es un mecanismo que opera por defecto sino una construcción institucional deliberada que requiere estructuras de intermediación, marcos regulatorios facilitadores y culturas de colaboración que traspasen las lógicas e incentivos divergentes de cada esfera. Los estudios sobre OTTs, spin-offs y parques tecnológicos documentados a través de Intangible Capital (2014), Scielo OTT (2013), Redalyc Triple Hélice (2022) y Digibug UGR (2022) confirmaron que las expresiones más exitosas de esa articulación son aquellas que han construido ecosistemas de innovación densos, donde múltiples actores interactúan de manera sostenida alrededor de problemas compartidos.

La cuarta dimensión sintetizó las condiciones habilitantes que la literatura identifica como necesarias para una gestión del conocimiento estratégicamente orientada: cultura organizacional, liderazgo estratégico, infraestructura tecnológica concebida como habilitador y no como sustituto, y estructuras de intermediación capaces de traducir el conocimiento entre esferas. La convergencia de esas condiciones no es automática; requiere políticas deliberadas, inversión sostenida y compromisos institucionales de largo plazo que los ciclos políticos cortos frecuentemente dificultan.

El aporte global del capítulo reside en haber mostrado que la gestión del conocimiento y la transferencia científica son, en última instancia, fenómenos sociales y políticos tanto como epistemológicos y organizacionales. El conocimiento no fluye simplemente porque existan las condiciones técnicas para su circulación; fluye cuando las estructuras de poder, los incentivos institucionales y las culturas organizacionales crean las condiciones para que los actores relevantes encuentren valor en compartir, construir y aplicar colectivamente lo que saben. Las implicaciones conceptuales son claras: las políticas de gestión del conocimiento y de transferencia científica que se concentran exclusivamente en las dimensiones técnicas e institucionales, ignorando las dimensiones culturales y de gobernanza, están condenadas a producir arquitecturas formales sin vida organizacional real.

## Referencias bibliográficas

- Bom Camargo, Y., Mariño Ortega, N., y Castellano Roa, S. (2018). Gestión del conocimiento y activos intangibles en universidades públicas venezolanas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 23(82), 384-401. <https://www.redalyc.org/journal/290/29056115013/29056115013.pdf>
- Ciencias de la Información. (2024). Gestión del conocimiento, capital intelectual y educación: análisis bibliométrico 1999-2023. *Ciencias de la Información*, 55(2), 1-18.
- Conos: Digibug UGR. (2022). *The Triple Helix Model of Innovation: its evolution towards the Quadruple Helix and the Quintuple Helix models*. *TECHNO Review: International Technology Science and Society Review*, 11(1), 2-13.
- Garzón Castrillón, M. A., y Fischer, A. L. (2018). Modelo de transferencia de conocimiento para centros e institutos de investigación. *Revista Espacios*, 39(17), 35.
- González, J., Rodríguez, M., y Carbonell, S. (2022). Gestión del conocimiento e innovación como variables de competitividad organizacional en Ecuador. *Revista Política, Globalidad y Ciudadanía*, 7(CININGEC II), 1-18.
- González-Lara, M. F., y Torres-Herrera, M. (2023). Producción científica sobre el proceso de transferencia de conocimiento y tecnología en universidades: un análisis bibliométrico. *Cuadernos de Administración*, 36(68), 1-19.
- Infotecarios. (2021). *SECI: modelo de creación de conocimiento organizacional de Nonaka y Takeuchi*. <https://www.infotecarios.com/seci/>
- Intangible Capital. (2014). Desempeño de las oficinas de transferencia universitarias como intermediarias para la potencialización del mercado de conocimiento. *Intangible Capital*, 10(4), 777-817. <https://www.intangiblecapital.org/index.php/ic/article/view/497/418>

- Jiménez, D., y Hernández, P. (2022). Gestión del conocimiento y transferencia tecnológica en una universidad privada de Guayaquil. *Ciencias de la Información*, 53(2), 1-14.
- Moreno-García, I., García-Cedeño, A., y Parrales-Guerrero, I. (2022). Gestión del capital intelectual e innovación: percepción de los exportadores de camarón. *PODIUM: Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física*, 17(1), 1-18.
- Organización para la Cooperación Económica de la Triple Hélice. (2022). Modelo de innovación de triple hélice. *Wikipedia, La enciclopedia libre*.
- Pájaro-Rocha, J. (2022). La gestión del conocimiento una herramienta para el cambio cultural de las organizaciones. *Revista Científica Anfibios*, 5(2), 11-17.
- Praxis Framework. (2025). *Nonaka y Takeuchi: modelo SECI de conversión del conocimiento*. <https://www.praxisframework.org/es/library/nonaka-and-takeuchi>
- Redalyc. (2015). La creación de conocimiento en las organizaciones a partir del modelo SECI: alcances y críticas. *Cuadernos de Administración*, 28(50), 209-232. <https://www.redalyc.org/pdf/549/54928893008.pdf>
- Redalyc. (s.f.). Organizaciones intensivas en conocimiento: características e implicaciones para la gestión. *Estudios Gerenciales*, 37(161), 1-22. <https://www.redalyc.org/journal/1872/187269734001/html/>
- Redalyc GC-IA. (s.f.). Gestión de conocimiento e innovación abierta: hacia la conformación de un modelo teórico relacional. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(93), 1-15. <https://www.redalyc.org/journal/290/29062051013/html/>
- Redalyc Triple Hélice. (2022). La vinculación universidad-empresa-gobierno para la creación de spin-off universitarias de base tecnológica: el caso de una universidad pública del estado de Guanajuato. *Innovar: Revista de*

*Ciencias Administrativas y Sociales*, 32(86), 1-18.  
<https://www.redalyc.org/journal/5608/560868098006/html/>

Salazar Duque, D. A., y Osorio Espín, M. A. (2016). La gestión del conocimiento organizacional y el capital intelectual. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(1), 339-359. <https://www.redalyc.org/pdf/1807/180746305006.pdf>

Scielo Cuba. (2016). La gestión del conocimiento y su relación con la innovación y la mejora continua en modelos de gestión. *Ingeniería Industrial*, 37(1), 1-12. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2073-60612016000100008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612016000100008)

Scielo OTT. (2013). Oficinas de transferencia tecnológica en las universidades como estrategia para fomentar la innovación y la competitividad: caso Estado de Hidalgo, México. *Journal of Technology Management & Innovation*, 8(2), 165-176. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-27242013000200018](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27242013000200018)

Scielo Venezuela. (2025). La gestión del conocimiento como estrategia de modernización en la gestión pública: revisión sistemática. *Gestión y Gerencia*, 19(1), 248-272. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2739-03652025000200248](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2739-03652025000200248)

# POLÍTICAS PÚBLICAS, GOBERNANZA Y ECOSISTEMAS DE INNOVACIÓN

*Public Policies, Governance, and Innovation Ecosystems*

## ***Autores del Capítulo:***

**Jherson Paúl Paucar Moreno <sup>1</sup>**

*Universidad de Guayaquil*  
*jherson.paucarm@ug.edu.ec*  
<https://orcid.org/0009-0003-5182-363X>

**Xavier Oswaldo Viteri Guevara <sup>2</sup>**

*Universidad de Guayaquil*  
*xavier.viterig@ug.edu.ec*  
<https://orcid.org/0000-0002-4247-279X>

**Carlos Magno Moreira Barcia <sup>3</sup>**

*Ministerio de Salud Pública del Ecuador*  
*carlos.moreira@22d02.mspz2.gob.ec*  
<https://orcid.org/0009-0005-1863-9851>

**Juan Carlos Vasco Delgado <sup>4</sup>**

*Universidad de Guayaquil*  
*juan.vascod@ug.edu.ec*  
<https://orcid.org/0000-0003-0587-9758>

**Geovanny Francisco Ruiz Muñoz <sup>5</sup>**

*Universidad de Guayaquil*  
*geovanny.ruizm@ug.edu.ec*  
<https://orcid.org/0000-0001-7529-6342>

## **Resumen**

La articulación entre políticas públicas, gobernanza y ecosistemas de innovación constituye uno de los problemas más complejos y estratégicamente decisivos de la administración contemporánea. Este capítulo examina, desde una perspectiva crítica e integradora, las dimensiones institucionales, conceptuales y relacionales que configuran los sistemas nacionales de innovación y la gobernanza que los orienta. A través de cuatro categorías analíticas, se analizan los fundamentos teóricos de los sistemas nacionales de innovación y su relación con los modelos de política pública en ciencia, tecnología e innovación; la gobernanza multinivel como marco para entender la coordinación entre actores e instituciones en los ecosistemas de innovación; los laboratorios de innovación pública y el gobierno abierto como expresiones institucionales emergentes de la gobernanza colaborativa; y las brechas estructurales de los sistemas de innovación en América Latina, con especial atención a sus causas, consecuencias y líneas de transformación. El análisis revela que los ecosistemas de innovación sostenibles requieren marcos institucionales robustos, culturas de colaboración entre sectores y territorios, y políticas de innovación orientadas por misiones que articulen las capacidades del Estado con las del sector privado, la academia y la sociedad civil. Se concluye que la gobernanza de la innovación no es un asunto técnico sino fundamentalmente político, cuya calidad determina si los sistemas de CTI producen crecimiento inclusivo o concentración asimétrica del conocimiento y sus beneficios.

**Palabras clave:** sistemas nacionales de innovación, gobernanza multinivel, ecosistemas de innovación, política CTI, laboratorios de innovación pública, gobierno abierto, brechas de innovación

## **Abstract**

The articulation between public policies, governance, and innovation ecosystems constitutes one of the most complex and strategically decisive challenges in contemporary public administration. This chapter critically and comprehensively examines the institutional, conceptual, and relational dimensions that shape national innovation systems and the governance that orients them. Through four analytical categories, the chapter analyzes the theoretical foundations of national innovation systems and their relationship to science, technology, and innovation policy models; multilevel governance as a framework for understanding coordination between actors and institutions in innovation ecosystems; public innovation laboratories and open government as emerging institutional expressions of collaborative governance; and the structural gaps of innovation systems in Latin America, with particular attention to their causes, consequences, and transformation pathways. The analysis reveals that sustainable innovation ecosystems require robust institutional frameworks, cultures of collaboration across sectors and territories, and mission-oriented innovation policies that articulate the capacities of the state with those of the private sector, academia, and civil society. It is concluded that the governance of innovation is not a technical matter but a fundamentally political one, whose quality determines whether CTI systems produce inclusive growth or asymmetric concentration of knowledge and its benefits.

**Keywords:** national innovation systems, multilevel governance, innovation ecosystems, STI policy, public innovation laboratories, open government, innovation gaps

## I. Introducción

Existe un reconocimiento creciente en la literatura de política pública y en los organismos multilaterales que la innovación no es un fenómeno espontáneo ni un resultado natural del mercado libre: es una construcción institucional, política y cultural que requiere condiciones deliberadamente diseñadas para emerger, consolidarse y distribuir sus beneficios de manera socialmente pertinente. Esta afirmación, que hoy puede parecer obvia, representó durante décadas un punto de tensión conceptual y política entre quienes confiaban en que el mercado orientaría naturalmente la innovación hacia donde más se necesitaba y quienes señalaban que sin la intervención activa del Estado los sistemas de innovación tendían a reproducir concentraciones y asimetrías que solo la política pública podía corregir.

La experiencia histórica ha resuelto esa controversia de manera más contundente que cualquier argumento teórico. Los países que hoy lideran los sistemas de innovación global, desde los Estados Unidos hasta Corea del Sur, desde Alemania hasta Singapur, construyeron esa posición no por la ausencia del Estado sino por su presencia estratégica y sostenida en la configuración de los sistemas nacionales de innovación. En todos esos casos, la política pública jugó un papel determinante en la orientación de la inversión en I+D, en la articulación entre universidades y empresas, en la protección de la propiedad intelectual, en la formación del capital humano avanzado y en la creación de los marcos regulatorios que hicieron posible la innovación tecnológica a escala. Todos estos factores ponen de manifiesto el rol y la importancia que tiene la política pública y el Estado para darle sostenibilidad al proceso de generación de conocimiento, al desarrollo científico-tecnológico y a la innovación (Pulso Científico, 2025).

En América Latina, la historia es más compleja y menos exitosa. La región cuenta con instituciones formales de CTI, universidades de investigación, consejos científicos nacionales y, en algunos países, ministerios especializados, pero los sistemas nacionales de innovación en su conjunto presentan debilidades estructurales persistentes: baja inversión privada en I+D, escasa vinculación entre la producción académica y el sector productivo, alta dependencia

tecnológica del exterior, y distribución territorialmente concentrada de las capacidades de conocimiento. América Latina mantiene una situación de debilidad relativa de sus sistemas nacionales de CTI en relación con países más desarrollados, e incluso en comparación con algunas economías emergentes, y presenta notorias diferencias de un país a otro (UNESCO, Sistemas CTI ALC, s.f.). Esa debilidad no es una condición permanente ni fatalmente determinada; es el resultado de elecciones políticas e institucionales que pueden revisarse y transformarse.

El debate contemporáneo sobre gobernanza de la innovación ha evolucionado significativamente en los últimos años, impulsado por al menos tres tendencias convergentes. La primera es la creciente complejidad de los desafíos que los sistemas de innovación deben abordar, desde el cambio climático hasta la pandemia de COVID-19, problemas que ningún actor puede resolver de manera aislada y que requieren articulaciones multiactor, multisectorial y multiterritorial de nuevo tipo. La segunda tendencia es el surgimiento de nuevas formas institucionales de gobernanza colaborativa, como los laboratorios de innovación pública, los living labs y las plataformas de gobierno abierto, que buscan incorporar la inteligencia colectiva de ciudadanos, empresas y comunidades científicas a los procesos de diseño y evaluación de políticas. La tercera es el reconocimiento, impulsado por pensadoras como Mariana Mazzucato, de que el Estado puede y debe asumir un rol de innovador de misión, capaz de orientar los sistemas de innovación hacia desafíos societales de gran envergadura a través de políticas directas de I+D, compras públicas de innovación y regulación estratégica.

Este capítulo se adentra en esas tendencias desde una perspectiva crítica que no idealiza ningún modelo institucional ni ignora las tensiones y contradicciones que atraviesan cualquier política de innovación. El análisis se organiza en cuatro ejes: los fundamentos de los sistemas nacionales de innovación y los modelos de política CTI; la gobernanza multinivel como condición de los ecosistemas regionales y nacionales de innovación; los laboratorios de innovación pública y el gobierno abierto como expresiones emergentes de la gobernanza colaborativa; y las brechas estructurales de los sistemas de innovación en América Latina, sus causas y las líneas de transformación que la literatura

identifica como más prometedoras. A través de ese recorrido, emerge una comprensión articulada de por qué la gobernanza de la innovación importa tanto como la inversión en I+D, y por qué ninguna política de CTI puede producir ecosistemas de innovación sostenibles sin marcos institucionales que hagan posible la colaboración, la rendición de cuentas y la orientación estratégica hacia el bien común.

## **II. Desarrollo**

### **2.1. Sistemas nacionales de innovación y modelos de política CTI: fundamentos y evolución**

El concepto de sistema nacional de innovación, desarrollado independientemente por Freeman, Lundvall y Nelson en la segunda mitad de los años ochenta, ofreció el primer marco analítico capaz de superar las limitaciones del modelo lineal de innovación para comprender cómo los países construyen y sostienen su capacidad de aprender, crear y aplicar conocimiento tecnológico. La idea central del SNI es que la innovación no surge de actores aislados, sean empresas, universidades o laboratorios gubernamentales, sino de la interacción sistémica entre esos actores dentro de un entramado de instituciones, normas, incentivos y relaciones que configuran el ambiente en el que opera el cambio tecnológico (UNESCO, Sistemas CTI ALC, s.f.). Esta conceptualización sistémica tuvo implicaciones profundas para el diseño de la política pública: trasladó el foco desde el financiamiento de actividades de I+D individuales hacia la construcción y el fortalecimiento de las relaciones, capacidades e instituciones que hacen posible la innovación como proceso colectivo.

La política CTI ha experimentado transformaciones conceptuales significativas desde que la noción de SNI comenzó a influir en la práctica institucional. Los modelos de primera generación, dominantes durante los años cincuenta y sesenta, se apoyaban en el supuesto de que la inversión en ciencia básica producía automáticamente aplicaciones tecnológicas y beneficios económicos: el Estado financiaba la investigación académica y el mercado se encargaba de la difusión y la aplicación. Este modelo fue progresivamente cuestionado por la evidencia de que los vínculos entre producción científica y aplicación tecnológica

eran mucho más complejos, mediados por capacidades institucionales, incentivos de mercado y barreras de apropiabilidad que la política pública tenía la obligación de gestionar de manera activa (CEPAL y CELAC, 2022). Los modelos de segunda generación incorporaron instrumentos de política más directamente orientados a la articulación entre actores: fondos de innovación empresarial, esquemas de cooperación universidad-empresa, programas de capital semilla para emprendimiento de base tecnológica.

La tercera generación de políticas CTI, que se consolida a partir de los años noventa y que sigue siendo el paradigma dominante en la actualidad, adopta explícitamente el enfoque sistémico: en lugar de financiar actores individuales, busca fortalecer las relaciones entre ellos, reducir las fallas de mercado que limitan la inversión privada en I+D y corregir las fallas de sistema que impiden la coordinación eficaz entre actores con conocimientos y recursos complementarios (CEPAL, Nuevas instituciones, 2011). La institucionalidad de apoyo a la CTI ha mostrado avances importantes en los últimos años, ya sea a través de la creación de ministerios temáticos o del fortalecimiento de las instituciones especializadas, pero la CTI no muestra un papel destacado en las políticas de desarrollo productivo y social, ni en los presupuestos de los países (Revista CTS, 2025). Esta desconexión entre el avance institucional formal y la efectividad real de los sistemas de innovación es uno de los diagnósticos más persistentes en la literatura sobre política CTI en América Latina.

La propuesta más reciente y conceptualmente más ambiciosa dentro de la evolución de los modelos de política CTI es la de las políticas orientadas por misiones, asociada principalmente al trabajo de Mariana Mazzucato y adoptada por la Comisión Europea como marco central de su programa Horizonte Europa. Las políticas de misión parten del reconocimiento de que el Estado puede y debe fijar horizontes transformadores, como la neutralidad climática, la lucha contra el cáncer o la reducción de la brecha digital, y organizar sus instrumentos de política de manera coherente para alcanzarlos, actuando no como simple corrector de fallas de mercado sino como configurador activo del espacio de innovación (MICIU, 2022). Esta concepción revaloriza el papel estratégico del Estado en la economía del conocimiento y constituye una ruptura significativa

con el paradigma de política mínima que dominó el pensamiento neoliberal sobre innovación durante los años ochenta y noventa.

La Política Nacional de CTI de Colombia, aprobada mediante CONPES 4069 en 2022, ilustra cómo esta evolución conceptual se plasma en instrumentos concretos de política. El documento define ocho principios rectores: ética e integridad científica, excelencia, articulación intersectorial e interinstitucional, direccionalidad y prospectiva, interdisciplinariedad y diálogo de saberes, inclusión y justicia social, sostenibilidad, y evaluación y flexibilidad (CONPES, 2022). Esta lista de principios no es meramente declarativa; define criterios que deben orientar tanto el diseño como la evaluación de los instrumentos de política, incluyendo la exigencia de que la CTI contribuya activamente a la reducción de las desigualdades sociales y territoriales y no solo al crecimiento económico agregado. La importancia de este encuadre normativo reside en que convierte la equidad en un criterio sustantivo de la política de innovación, antes que en un subproducto esperado de la dinámica de mercado.

Chile adoptó una orientación similar en su Política Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, formulada en el marco de la nueva institucionalidad creada con el Ministerio de Ciencias en 2018. El diagnóstico de partida reconoció la existencia de un ecosistema pequeño, fragmentado, centralizado, que ha carecido de orientación estratégica y que corresponde a un ecosistema poco vinculado con la ciudadanía, con el sector productivo, y que ha tenido poca influencia en la elaboración de políticas públicas (Ministerio de Ciencia de Chile, 2020). Ese diagnóstico honesto sobre las limitaciones del sistema existente es el punto de partida necesario para diseñar políticas que no se limiten a optimizar el statu quo sino que transformen las condiciones estructurales que limitan el potencial de innovación. La apuesta chilena por articular la CTI con el desarrollo territorial y con la creación de valor para la ciudadanía, más allá de los indicadores bibliométricos y de patentes, representa una de las reformas institucionales más significativas del campo en la región en los últimos años.

## **2.2. Gobernanza multinivel de la innovación: entre la coordinación vertical y la articulación horizontal**

La gobernanza de la innovación no puede entenderse únicamente como un asunto de política nacional. La producción y circulación del conocimiento ocurre en territorios específicos, en interacción con actores cuya capacidad y disposición para colaborar varía enormemente según el contexto local, regional y sectorial en el que operan. La gobernanza multinivel es el marco conceptual que intenta capturar esa complejidad, reconociendo que la coordinación eficaz de los sistemas de innovación requiere la articulación coherente de instrumentos y decisiones que operan simultáneamente en múltiples escalas: local, regional, nacional e internacional.

La experiencia española documentada en el informe del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU, 2024) ofrece uno de los análisis más detallados disponibles sobre la gobernanza multinivel de los ecosistemas regionales de innovación. El informe concluye que se ha avanzado hacia un nuevo modelo de gobernanza multinivel de las políticas de ciencia e innovación, con una visión orientada al territorio que promueve el uso eficiente de las capacidades de todas las regiones, fomenta la cooperación interregional y afronta las persistentes brechas territoriales de innovación (MICIU, 2024). Sin embargo, el mismo informe identifica una paradoja que se reproduce en muchos países: a pesar del avance hacia la gobernanza multinivel, la concentración geográfica de la inversión en I+D sigue siendo alta y creciente, con Cataluña y Madrid acaparando en 2022 el 52 % del gasto total en I+D cuando representan menos del 40 % del PIB. Este dato ilustra que la gobernanza multinivel formal no garantiza per se la redistribución de las capacidades de innovación; requiere instrumentos específicos que corrijan activamente las dinámicas de concentración territorial.

La Nueva Agenda Europea de Innovación, aprobada en diciembre de 2022, apunta precisamente en esa dirección al proponer instrumentos como los Valles Regionales de Innovación y las Asociaciones para la Innovación Regional, diseñados para construir masa crítica en ecosistemas de innovación fuera de los grandes polos metropolitanos y para fortalecer la cooperación entre regiones con perfiles de innovación complementarios (MICIU, 2024). La lógica subyacente es que ningún sistema nacional de innovación puede ser sostenible si sus capacidades están geográficamente concentradas en unos pocos nodos, porque

esa concentración reproduce brechas de desarrollo que a largo plazo erosionan la cohesión social y la estabilidad política que los propios sistemas de innovación necesitan para operar.

La gobernanza de los ecosistemas de innovación enfrenta una tensión estructural que la literatura identifica de manera consistente: la necesidad de coordinación centralizada para definir prioridades estratégicas y asegurar coherencia entre instrumentos se contrapone a la necesidad de descentralización y flexibilidad para adaptar las políticas a las capacidades, necesidades y oportunidades específicas de cada territorio y sector. Mercado Marrufo y Baylon Salvador (2024) señalan que la gobernanza inteligente se entiende como la consolidación de una coordinación social mediante el empleo de las tecnologías de la información y las comunicaciones en los procesos de toma de decisiones en la administración pública, abriendo una posibilidad nueva para gestionar esa tensión: las plataformas digitales pueden facilitar la coordinación entre actores distribuidos sin imponer la uniformidad jerárquica que caracteriza a los sistemas de planificación centralizada.

La gobernanza multinivel adquiere dimensiones específicas en los sistemas de innovación de pequeños países y de regiones con baja densidad institucional, donde la escala limita las posibilidades de desarrollar capacidades de CTI completas en cada territorio. El análisis de los sistemas de innovación de Centroamérica revela que la integración regional puede ser un mecanismo eficaz para superar esas limitaciones de escala, siempre y cuando existan marcos institucionales de gobernanza compartida capaces de articular las capacidades nacionales en estrategias de especialización inteligente a nivel regional (Romero Caballero, 2024). La coexistencia de sistemas nacionales de innovación relativamente débiles con redes de cooperación regional potencialmente compensatorias define uno de los dilemas más importantes de la política CTI en la región.

El sector público enfrenta presiones en dos direcciones simultáneas: hacia adentro, para transformar sus propios productos, procesos y estructuras mediante la innovación; y hacia afuera, para ejercer el liderazgo de las estrategias de innovación de los países y territorios y facilitar la acción de los

emprendedores e innovadores sociales (Redalyc, Gobernanza pública, s.f.). Esta doble presión define el dilema central de la gobernanza de la innovación en el sector público: cómo puede el Estado innovar en sus propias formas de operar mientras simultáneamente cumple el rol de catalizador y orientador de la innovación en el conjunto del sistema. La respuesta que la experiencia de las últimas décadas sugiere es que esas dos dimensiones no son separables: un Estado que no innova en sus propias prácticas difícilmente puede liderar con credibilidad la agenda de innovación del conjunto del sistema.

### **2.3. Laboratorios de innovación pública y gobierno abierto: la gobernanza colaborativa como práctica institucional**

La emergencia de los laboratorios de innovación pública como expresión institucional de los principios del gobierno abierto representa una de las transformaciones más significativas en la relación entre el Estado, el conocimiento y la ciudadanía en las últimas décadas. Estos espacios, surgidos en distintas formas y con distintos nombres en Europa, América Latina y Asia desde la segunda mitad de los años 2000, comparten una premisa común: los problemas públicos complejos no pueden resolverse eficazmente si el Estado opera en soledad, ignorando el conocimiento distribuido en ciudadanos, comunidades científicas, empresas sociales y organizaciones de la sociedad civil que tienen tanto perspectivas valiosas sobre los problemas como capacidades para contribuir a su solución.

Criado (2022) ha desarrollado el concepto de gobernanza inteligente como paradigma emergente en la gestión pública, definiéndolo a partir de valores derivados de la filosofía 2.0, datos abiertos y transparencia, redes sociales digitales, orientación hacia la incorporación de la ciudadanía y el conocimiento externo a las organizaciones en los procesos de adopción de decisiones públicas, y nuevas dinámicas de colaboración entre empleados y organizaciones públicas. Esta caracterización del gobierno abierto como paradigma va más allá de la transparencia pasiva o la divulgación de información para proponer una reconfiguración activa de la relación entre el Estado y los actores externos que lleve a formas concretas de coproducción de políticas y servicios públicos.

El concepto de ecosistema InnovAP, desarrollado por Espín et al. (2021) a partir del análisis de la innovación pública en América Latina entre 1997 y 2019, ofrece una conceptualización detallada de qué constituye un ecosistema de innovación pública. Sus componentes incluyen los laboratorios de innovación como espacios de experimentación protegida, las redes de colaboración entre actores públicos y privados, los marcos regulatorios habilitantes y los mecanismos de legitimación de las prácticas innovadoras. El análisis concluye que la innovación pública es más que un espacio de colaboración: la integran actores interconectados, el entorno regulatorio y los elementos que median y le atribuyen valor, precedidos todos por la instauración de una efectiva cultura de innovación que anticipe las futuras demandas de la sociedad para satisfacerlas (Espín et al., 2021). La identificación de la cultura como elemento fundacional antes que los artefactos institucionales es conceptualmente significativa: sin una cultura organizacional que valore la experimentación, el riesgo calculado y el aprendizaje del error, ningún laboratorio de innovación puede prosperar más allá de su inauguración oficial.

La Red InnoLabs, financiada por el programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo y articulada por NovaGov.Lab, constituye el ejemplo más desarrollado de colaboración transnacional entre laboratorios de innovación pública en el espacio iberoamericano (CYTED, 2020). La red articula laboratorios en Argentina, España, Uruguay, Colombia y otros países, compartiendo metodologías de co-creación, experiencias de resolución de problemas públicos y herramientas de gobernanza colaborativa. Lo más relevante de la experiencia de la Red InnoLabs desde una perspectiva de política pública es la evidencia de que la transferencia de conocimiento sobre prácticas de innovación entre administraciones públicas puede ser tan valiosa como la transferencia de innovaciones tecnológicas, y que los mecanismos horizontales de aprendizaje entre pares institucionales pueden complementar eficazmente los instrumentos verticales de política CTI.

Los sandboxes regulatorios representan otra expresión emergente de la gobernanza colaborativa de la innovación, particularmente relevante para sectores donde la velocidad del cambio tecnológico supera la capacidad de los marcos regulatorios convencionales para orientarlo. Un sandbox es un entorno

controlado de pruebas donde nuevos modelos de negocio o tecnologías pueden experimentarse en condiciones reales, bajo supervisión de las autoridades, sin que la ausencia de regulación específica previa impida su desarrollo (Redalyc, Gobernanza pública, s.f.). Las experiencias documentadas en Suecia en vehículos autónomos, en Singapur en innovación energética y en múltiples países en el campo de las fintech muestran que los sandboxes pueden ser instrumentos efectivos para gestionar la tensión entre innovación y regulación, siempre que estén acompañados de mecanismos robustos de evaluación de riesgos y de participación de los actores afectados.

**Tabla 1**

*Modalidades institucionales de gobernanza colaborativa de la innovación: características, ejemplos y condiciones de efectividad*

<b>Modalidad institucional</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Ejemplos documentados</b>	<b>Condiciones de efectividad</b>	<b>Riesgos y limitaciones</b>
<i>Laboratorios de innovación pública</i>	Espacios de experimentación protegida para el diseño de soluciones a problemas públicos complejos mediante co-creación	MindLab (Dinamarca), NESTA (Reino Unido), ecosistema InnovAP, PoliLab UNR (Argentina)	Cultura organizacional que tolera el error, apoyo institucional sostenido, conexión con decisiones reales de política	Riesgo de marginalidad institucional, dependencia de liderazgos individuales, dificultad de escalar resultados
<i>Gobierno abierto y plataformas de participación</i>	Mecanismos digitales y presenciales para incorporar conocimiento ciudadano en diseño y evaluación de políticas	Challenge.gov (EE.UU.), SantanderCityBrain (España), plataformas de datos abiertos	Compromiso institucional real con la participación, capacidades ciudadanas para usar los mecanismos, transparencia efectiva	Riesgo de participación simbólica, selección no representativa de participantes, captura por grupos organizados
<i>Sandboxes regulatorios</i>	Entornos controlados de prueba para innovaciones que no tienen marco normativo previo	Sandboxes financieros en Reino Unido, Singapur y Australia; vehículos autónomos en Suecia	Supervisión activa de las autoridades, evaluación rigurosa de riesgos, mecanismos de extensión regulatoria	Riesgo de captura regulatoria por los actores más poderosos del sector innovador
<i>Redes transnacionales de laboratorios</i>	Plataformas de aprendizaje entre pares institucionales de diferentes países para compartir	Red InnoLabs (CYTED), redes de laboratorios de gobierno iberoamericanos	Financiamiento sostenido, compromisos de implementación en los contextos nacionales,	Tendencia a la dispersión temática, dificultad para medir el impacto sobre

*Nota.* Tabla elaborada con base en Espín et al. (2021), Redalyc Gobernanza pública (s.f.), CYTED (2020), Criado (2022) y Mercado Marrufo y Baylon Salvador (2024). Las condiciones de efectividad y los riesgos reflejan los señalamientos presentes en la literatura analizada.

La tabla anterior sintetiza un panorama que la experiencia comparada valida de manera consistente: las modalidades más promisorias de gobernanza colaborativa de la innovación son también las más exigentes en términos de condiciones institucionales y culturales. Los laboratorios de innovación pública que prosperan lo hacen en contextos donde la cultura organizacional del sector público valora la experimentación, donde el liderazgo institucional sostiene el espacio incluso cuando los resultados son inciertos, y donde existe una conexión real entre las soluciones prototipadas en el laboratorio y los procesos reales de toma de decisiones de política. Cuando alguna de esas condiciones falta, los laboratorios tienden a convertirse en espacios de innovación simbólica, políticamente visibles pero sin capacidad de transformar el statu quo institucional.

#### **2.4. Brechas estructurales de los sistemas de innovación en América Latina y líneas de transformación**

El análisis de las políticas públicas de CTI y de la gobernanza de la innovación en América Latina no puede prescindir de un diagnóstico honesto sobre las brechas estructurales que caracterizan a los sistemas de innovación de la región y que limitan de manera persistente su capacidad de contribuir al desarrollo económico inclusivo y sostenible. Esas brechas no son accidentales ni coyunturales; son el resultado de elecciones de política y de estructuras de poder que se han reproducido durante décadas y que requieren transformaciones deliberadas y sostenidas para ser superadas.

La primera y más persistente brecha es la de inversión en I+D. Las políticas de ciencia, tecnología e innovación deben jugar un papel central, no solo en la construcción de capacidades nacionales en materia de investigación y desarrollo, sino también en la solución de problemas y desafíos nacionales en el marco de las políticas de desarrollo de los países. En un escenario de debilidad

estructural, escasos recursos y necesidades de escala para lograr resultados, surge la necesidad de orientar los recursos hacia áreas del conocimiento relacionadas con los principales retos que enfrentan los países (CEPAL y CELAC, 2022). América Latina invierte en promedio menos del 0.7 % de su PIB en I+D, una fracción que contrasta dramáticamente con el 2.5 % a 3.5 % de los países líderes en innovación global, y que no alcanza siquiera la meta de 1 % establecida en múltiples agendas regionales de CTI. Esa brecha de inversión no es solo cuantitativa; tiene consecuencias cualitativas sobre el tipo de conocimiento que la región puede producir, sobre las capacidades de los investigadores y sobre la densidad de las redes de colaboración entre universidades y empresas.

La segunda brecha es la de articulación entre el sistema científico y el tejido productivo. Subsisten debilidades significativas como la falta de recursos humanos y financieros, un sector industrial dominado por empresas con baja actividad innovadora, el carácter predominantemente comercial de la interacción entre los componentes del sistema, la escasa orientación comercial de la investigación y la falta de coordinación entre las políticas realizadas por diversos organismos públicos (Gaudin et al., 2012). Esta descripción de los sistemas de innovación centroamericanos es aplicable, con variaciones de intensidad, a la mayor parte de la región. El sector privado latinoamericano, salvo excepciones sectoriales como la industria de software brasileña o el sector minero chileno, invierte en I+D de manera marginal y prefiere acceder a tecnología importada antes que desarrollar capacidades propias de innovación. Las razones estructurales de esa conducta son complejas, pero incluyen la alta incertidumbre macroeconómica, la debilidad de los derechos de propiedad intelectual, los costos de transacción asociados a la colaboración universidad-empresa y la baja capacidad de absorción tecnológica del sector productivo en sectores de bajo contenido tecnológico.

La tercera brecha es la institucional. La gestión de los organismos encargados de las políticas de ciencia, tecnología e innovación ha estado afectada por la inestabilidad institucional así como por aspectos relativos a la asignación presupuestaria. La disponibilidad de los fondos ha quedado supeditada a la prioridad que cada gobierno de turno asigne a la CTI, o incluso al remanente

presupuestario que quedase luego de asignar fondos a las prioridades políticas consideradas más urgentes (Revista CTS, 2025). Esta subordinación de la política CTI a la lógica presupuestaria del ciclo político corto es quizás el obstáculo más difícil de superar, porque la investigación y la innovación requieren horizontes temporales de inversión que ningún gobierno de cuatro o cinco años puede garantizar por sí solo. Las soluciones que la experiencia comparada sugiere incluyen la creación de fondos de financiamiento de CTI con marcos plurianuales blindados de las fluctuaciones presupuestarias anuales, los compromisos legislativos de inversión mínima en I+D y la dotación de autonomía operativa a las agencias de financiamiento científico.

La cuarta brecha, menos discutida pero igualmente fundamental, es la de género en los sistemas de CTI. La subrepresentación de las mujeres en la investigación científica, particularmente en ciencias exactas, ingeniería y tecnología, no solo representa una injusticia de equidad sino también un empobrecimiento de las capacidades del sistema, que excluye sistemáticamente a la mitad del talento disponible. Las políticas de CTI que no incorporan de manera explícita dimensiones de equidad de género en sus instrumentos de financiamiento, reconocimiento y formación están perpetuando un sesgo estructural que la región no puede seguir ignorando.

**Tabla 2**

*Brechas estructurales de los sistemas de innovación en América Latina y condiciones para su superación: análisis comparado*

<b>Brecha estructural</b>	<b>Magnitud y expresiones concretas</b>	<b>Causas identificadas en la literatura</b>	<b>Instrumentos de política para su superación</b>
<i>Inversión en I+D</i>	Menos del 0.7 % del PIB en promedio regional; financiamiento principalmente estatal y ejecutado por universidades	Baja priorización política, escasa inversión privada, dependencia tecnológica, ciclos de austeridad fiscal	Marcos plurianuales de financiamiento CTI, incentivos tributarios para I+D empresarial, compras públicas de innovación
<i>Articulación universidad-empresa</i>	Escasa transferencia tecnológica, bajo número de spin-offs, débiles redes de colaboración I+D	Desconfianza mutua, diferencias culturales entre lógicas académica y empresarial, débil marco de propiedad intelectual	OTTs, parques tecnológicos, fondos de cooperación universidad-empresa, reforma de los marcos de PI universitaria
<i>Inestabilidad institucional CTI</i>	Alta rotación de autoridades, cambios de prioridades con cada	Baja autonomía de las agencias CTI, escasa visión de Estado en	Agencias independientes con gobernanza multiactor,

	gobierno, presupuestos vulnerables al ciclo político	ciencia e innovación, captura política de la agenda	compromisos legislativos de inversión mínima, evaluación externa periódica
<i>Concentración territorial</i>	La I+D se concentra en capitales y pocos polos metropolitanos; periferias con escasas capacidades de innovación	Inercias de localización, economías de aglomeración, ausencia de políticas de especialización inteligente regional	Estrategias de especialización inteligente regional, fondos de innovación territorial, redes interregionales de conocimiento
<i>Equidad de género</i>	Subrepresentación de mujeres en ciencias duras, ingeniería y puestos de liderazgo científico	Sesgos de selección y evaluación, barreras culturales, ausencia de medidas de conciliación	Instrumentos de financiamiento con componentes de género, cuotas en órganos de gobierno CTI, mentorías para investigadoras

*Nota.* Tabla elaborada con base en CEPAL y CELAC (2022), CEPAL (2011), Romero Caballero (2024), MICIU (2024) y CONPES (2022). Los instrumentos de política identificados recogen recomendaciones presentes en la literatura analizada.

La tabla anterior revela que las brechas estructurales de los sistemas de innovación latinoamericanos son interdependientes y se refuerzan mutuamente: la baja inversión limita las capacidades institucionales, que a su vez dificultan la articulación con el sector privado, que reproduce la dependencia tecnológica que justifica la baja priorización política. Romper ese círculo requiere intervenciones simultáneas en múltiples dimensiones, orientadas por una visión de largo plazo que ningún gobierno puede sostener solo. La cooperación regional, el aprendizaje entre pares institucionales y el apoyo de organismos multilaterales en el diseño y evaluación de políticas CTI son recursos que la región ha subutilizado y que representan oportunidades reales para acelerar la transformación de los sistemas de innovación.

## 2.5. La gobernanza de la innovación como proyecto político colectivo

El análisis de los cuatro ejes anteriores converge en una conclusión que tiene implicaciones directas para la práctica institucional: la gobernanza de la innovación no puede reducirse a la administración eficiente de instrumentos de política CTI. Es un proyecto político colectivo que requiere la construcción de visiones compartidas sobre el tipo de futuro que la innovación debe contribuir a construir, la negociación de compromisos entre actores con intereses divergentes y la creación de mecanismos de rendición de cuentas que aseguren

que las políticas de CTI produzcan los resultados prometidos de manera equitativa y sostenible.

El caso de Singapur ilustra cómo un Estado pequeño con instituciones sólidas puede aprovechar la tecnología para obtener ventajas nacionales. El lanzamiento de la Estrategia Nacional de IA 2.0 en 2023 representó un giro desde proyectos piloto aislados hacia una estrategia integral y sistémica que integró la alfabetización en IA en toda la fuerza laboral, incluyendo capacitación para trabajadores de mediana carrera y programas de adopción para pequeñas y medianas empresas, convirtiendo al país en una de las naciones con mayor fluidez en IA del mundo (Consejo Científico Internacional, 2025). Esta experiencia es relevante no como modelo a replicar mecánicamente, sino como ilustración de que la coherencia entre visión estratégica, instrumentos de política y compromisos institucionales puede producir resultados transformadores incluso en contextos de recursos limitados, siempre que el liderazgo político asuma la innovación como prioridad de Estado.

La Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación de España, reformada en 2022, establece un principio aplicable a cualquier sistema nacional de innovación: la gobernanza del sistema no puede operar solo de arriba abajo a través de los mecanismos jerárquicos de la administración, sino que debe también construirse de abajo arriba a través de grupos de interés que respondan a un modelo de Cuádruple Hélice, incorporando empresas, investigación, administración pública, sociedad civil y usuarios de innovación (España, Ley 17/2022). Esta complementariedad entre gobernanza vertical y horizontal es precisamente la que permite a los sistemas de innovación mantener orientación estratégica sin perder pertinencia local, y coordinación nacional sin sacrificar la diversidad de capacidades y especialidades territoriales.

La CEPAL (2021) ha señalado que la región debe avanzar en un cambio estructural progresivo en que la estructura productiva y de servicios se redefina hacia sectores más intensivos en conocimientos, con tasas de crecimiento de la demanda y del empleo más altas, preservando al mismo tiempo la calidad de los recursos naturales y el medio ambiente, y que en ese contexto la CTI debe aportar al desarrollo de sectores y actividades dinamizadoras de la economía y

la sociedad. Esta visión, que articula la política CTI con la política productiva y ambiental en una estrategia integrada de cambio estructural, es la que distingue a los sistemas de innovación más avanzados de los que permanecen atrapados en una lógica sectorial y fragmentada.

### **III. Conclusiones**

El recorrido analítico desarrollado a través de los cuatro ejes de este capítulo permitió construir una comprensión articulada y crítica de la relación entre políticas públicas, gobernanza y ecosistemas de innovación, revelando que esa relación es constitutivamente política antes que técnica, y que su calidad determina en última instancia si los sistemas de CTI contribuyen al desarrollo inclusivo o reproducen y profundizan las asimetrías existentes.

En la primera dimensión, el análisis de los fundamentos de los sistemas nacionales de innovación y de la evolución de los modelos de política CTI mostró que la tendencia más significativa del campo en la última década ha sido el desplazamiento desde una concepción correctiva del Estado, orientada a compensar fallas de mercado, hacia una concepción configuradora, donde el Estado asume un papel activo en la definición de misiones y en la orientación estratégica del sistema de innovación hacia desafíos societales de gran envergadura. Los casos de Colombia, Chile y España documentados a través de sus instrumentos de política CTI ilustraron cómo esa transformación conceptual puede materializarse en marcos institucionales que incorporan principios de equidad, sostenibilidad y pertinencia social como criterios constitutivos de la política.

En la segunda dimensión, el análisis de la gobernanza multinivel reveló que la coordinación eficaz de los ecosistemas de innovación requiere la articulación coherente de instrumentos y decisiones que operan simultáneamente en múltiples escalas, y que la gobernanza formal multinivel no garantiza por sí sola la redistribución territorial de las capacidades de innovación sin instrumentos específicos que corrijan activamente las dinámicas de concentración geográfica. La experiencia española documentada por el MICIU (2024) y la propuesta de la Nueva Agenda Europea de Innovación mostraron tanto los avances posibles

como los límites persistentes de la gobernanza multinivel cuando no va acompañada de compromisos reales de inversión en los territorios más rezagados.

En la tercera dimensión, la revisión de los laboratorios de innovación pública y el gobierno abierto como expresiones de la gobernanza colaborativa confirmó que estas modalidades institucionales tienen potencial genuino para incorporar el conocimiento distribuido de ciudadanos, empresas y comunidades científicas a los procesos de diseño de políticas, pero que ese potencial solo se realiza cuando están respaldadas por culturas organizacionales que valoran la experimentación, liderazgos institucionales que sostienen los espacios de innovación y conexiones reales entre las soluciones prototipadas y los procesos decisionales.

La cuarta dimensión confrontó sin eufemismos las brechas estructurales de los sistemas de innovación latinoamericanos, mostrando que son interdependientes y que se refuerzan mutuamente en un círculo que ninguna intervención puntual puede romper. Los análisis de la CEPAL, el CONPES colombiano, Gaudin et al. (2012) y los estudios sobre sistemas de innovación centroamericanos convergieron en señalar que superar esas brechas requiere coaliciones políticas de largo plazo, instrumentos de financiamiento plurianual blindados del ciclo electoral y visiones integradas de la CTI que la articulen con las políticas productivas, ambientales y de equidad.

El aporte global del capítulo reside en haber mostrado que la gobernanza de la innovación es un proyecto político colectivo cuya construcción no puede delegarse ni a los mercados ni a la administración pública actuando en solitario. Requiere la confluencia deliberada de actores con perspectivas, saberes y recursos complementarios, orientados por una visión compartida de hacia dónde debe conducir la innovación y con qué criterios debe distribuirse el conocimiento que produce. Los ecosistemas de innovación sostenibles no se diseñan en laboratorios de política; se construyen en procesos de negociación política donde la calidad de las instituciones, la coherencia de los instrumentos y la cultura de colaboración entre actores son tan importantes como el volumen de la inversión en I+D.

## Referencias bibliográficas

- CEPAL. (2021). Innovación para el desarrollo: la clave para una recuperación transformadora en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47544-innovacion-desarrollo-la-clave-recuperacion-transformadora-america-latina-caribe>
- CEPAL. (2011). Nuevas instituciones para la innovación: Prácticas y experiencias en América Latina. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/650908e3-0c4a-419e-9dde-941e804b3dfc/content>
- CEPAL y CELAC. (2022). Ciencia, tecnología e innovación: cooperación, integración y desafíos regionales. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48263-ciencia-tecnologia-innovacion-cooperacion-integracion-desafios-regionales>
- Consejo Científico Internacional. (2025). Preparando los ecosistemas nacionales de investigación para la IA: estrategias y avances. <https://es.council.science/publications/ai-science-systems/>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2022). Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031 (CONPES 4069). Departamento Nacional de Planeación, República de Colombia. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4069.pdf>
- Criado, J. I. (2022). Gobierno abierto, innovación pública y gobernanza colaborativa. En J. I. Criado (Ed.), Gobierno abierto, innovación pública y colaboración ciudadana (pp. 13-56). INAP. [https://plataformavoluntariado.org/wp-content/uploads/2022/06/libro-gobierno-abierto\\_innovacionpublica\\_inap.pdf](https://plataformavoluntariado.org/wp-content/uploads/2022/06/libro-gobierno-abierto_innovacionpublica_inap.pdf)
- CYTED. (2020). Laboratorios para la innovación pública. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

[https://www.cyted.org/assets/img/publicacao/55/laboratorios\\_de\\_innovacion\\_redinnolabs.pdf](https://www.cyted.org/assets/img/publicacao/55/laboratorios_de_innovacion_redinnolabs.pdf)

España. (2022). Ley 17/2022, de 5 de septiembre, por la que se modifica la Ley 14/2011, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Boletín Oficial del Estado, núm. 214. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-14581>

Espín, N., Pérez, Y., y Domínguez, J. (2021). El ecosistema InnovAP: más que un espacio de colaboración. *Revista de Ciencias Económicas*, 39(2), 64-82.

Gaudin, Y., Padilla, R., y Rodríguez, P. (2012). Sistemas nacionales de innovación en Centroamérica. CEPAL/Cooperación Alemana. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4925-sistemas-nacionales-innovacion-centroamerica>

Mercado Marrufo, C. E., y Baylon Salvador, E. G. (2024). Hacia una gobernanza pública inteligente desde la gobernabilidad. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-18. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1072>

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España (MICIU). (2022). Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027. <https://www.ciencia.gob.es/dam/jcr:e8183a4d-3164-4f30-ac5f-d75f1ad55059/EECTI-2021-2027.pdf>

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España (MICIU). (2024). Nuevos enfoques políticos para promover los ecosistemas regionales de innovación: el caso de España en el contexto de la UE. [https://www.ciencia.gob.es/dam/jcr:2602a366-a49a-4575-abce-d3eef2c92de7/PoliticaEcosistemasInnovacion\\_2024.pdf](https://www.ciencia.gob.es/dam/jcr:2602a366-a49a-4575-abce-d3eef2c92de7/PoliticaEcosistemasInnovacion_2024.pdf)

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación de Chile. (2020). Política Nacional de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. <https://minciencia.gob.cl/politicactci/>

- NovaGov.Lab y PoliLab UNR. (2020). Laboratorios de gobierno para la innovación pública: burocracias públicas frente al fenómeno de la experimentación. Red InnoLabs-CYTED. <https://novagob.org/wp-content/uploads/2020/01/LABgob-Innovacion-y-burocracias-publicas.pdf>
- Pulso Científico. (2025). Ecosistemas empresariales, innovación abierta y colaboración interinstitucional como factores de competitividad. Pulso Científico, 2(1), 1-20. <https://pulsocientifico.com/index.php/1/article/download/14/13/72>
- Redalyc. (s.f.). Gobernanza pública para la innovación. Gestión y Política Pública, 30(2), 5-38. <https://www.redalyc.org/journal/3575/357565951002/html/>
- Redalyc. (s.f.). Posnueva Gestión Pública, gobernanza e innovación: tres conceptos en torno a una forma de organización y gestión de lo público. Administración y Desarrollo, 49(1), 1-22. <https://www.redalyc.org/journal/675/67567532002/html/>
- Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad CTS. (2025). Instrumentos y estrategias de política científica, tecnológica y de innovación en Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México. Revista CTS, 20(58), 1-30.
- Romero Caballero, V. (2024). Los sistemas de innovación en Centroamérica y su relación con el proceso de integración regional. Innovare: Revista de Ciencia y Tecnología, 13(1), 27-33. <https://doi.org/10.69845/innovare.v13i1.336>
- UNESCO. (s.f.). Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe.

# INTERDISCIPLINARIEDAD Y COLABORACIÓN ACADÉMICA EN CONTEXTOS GLOBALIZADOS

*Interdisciplinarity and academic collaboration in globalized contexts*

## ***Autores del Capítulo:***

**César Andrés Mero Baquerizo <sup>1</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*cesar.merob@ug.edu.ec*

<https://orcid.org/0009-0001-1347-4219>

**Manuel Augusto Cevallos Gamboa <sup>2</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*manuel.cevallosg@ug.edu.ec*

<https://orcid.org/0000-0002-8042-8255>

**Kerly Mishell Aguirre Aguirre <sup>3</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*kerly.aguirrea@ug.edu.ec*

<https://orcid.org/0000-0003-1463-8251>

**Juan Carlos Vasco Delgado <sup>4</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*juan.vascod@ug.edu.ec*

<https://orcid.org/0000-0003-0587-9758>

**Geovanny Francisco Ruiz Muñoz <sup>5</sup>**

*Universidad de Guayaquil*

*geovanny.ruizm@ug.edu.ec*

<https://orcid.org/0000-0001-7529-6342>

## **Resumen**

La interdisciplinariedad y la colaboración académica en contextos globalizados constituyen dos de las transformaciones más profundas y exigentes que atraviesan las instituciones de educación superior y los sistemas de producción científica en la actualidad. Este capítulo examina, desde una perspectiva crítica e integradora, los fundamentos epistemológicos que sustentan las distintas formas de articulación entre disciplinas, las condiciones institucionales y culturales que hacen posible la colaboración académica genuina, las asimetrías geopolíticas que estructuran las redes científicas internacionales y las posibilidades que abre la ciencia abierta para democratizar la producción del conocimiento. A través de cuatro categorías analíticas, se analizan la distinción entre multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad como niveles cualitativamente distintos de integración del conocimiento; las condiciones organizacionales e institucionales que favorecen u obstaculizan la investigación colaborativa; las dinámicas de poder en las redes de colaboración Norte-Sur y sus implicaciones para la justicia epistémica; y la internacionalización de la educación superior como oportunidad y como riesgo simultáneos. Se concluye que la interdisciplinariedad y la colaboración académica no son fenómenos que ocurran de manera espontánea por el simple deseo de investigadores bien intencionados: requieren transformaciones estructurales en los sistemas de evaluación, financiamiento y gobernanza de la ciencia que aún están lejos de haberse completado.

**Palabras clave:** interdisciplinariedad, transdisciplinariedad, colaboración académica, redes científicas internacionales, ciencia abierta, internacionalización, geopolítica del conocimiento

## **Abstract**

Interdisciplinarity and academic collaboration in globalized contexts constitute two of the most profound and demanding transformations currently traversing higher education institutions and scientific knowledge production systems. This chapter examines, from a critical and integrative perspective, the epistemological foundations underpinning the different forms of articulation between disciplines, the institutional and cultural conditions that enable genuine academic collaboration, the geopolitical asymmetries structuring international scientific networks, and the possibilities opened by open science for democratizing knowledge production. Through four analytical categories, the chapter analyzes the distinction between multidisciplinary, interdisciplinarity, and transdisciplinarity as qualitatively distinct levels of knowledge integration; the organizational and institutional conditions that favor or hinder collaborative research; the power dynamics in North-South collaboration networks and their implications for epistemic justice; and the internationalization of higher education as a simultaneous opportunity and risk. It is concluded that interdisciplinarity and academic collaboration do not occur spontaneously through the simple desire of well-intentioned researchers: they require structural transformations in the evaluation, funding, and governance systems of science that are still far from complete.

**Keywords:** interdisciplinarity, transdisciplinarity, academic collaboration, international scientific networks, open science, internationalization, geopolitics of knowledge

## I. Introducción

Hay una paradoja constitutiva en la forma en que la modernidad organizó el conocimiento científico: construyó las disciplinas como unidades de especialización progresiva que permitieron avances sin precedentes en la comprensión de los fenómenos naturales y sociales, pero al mismo tiempo erigió fronteras entre esas disciplinas que hoy dificultan el abordaje de los problemas más urgentes de la humanidad. El cambio climático, la pandemia de COVID-19, la desigualdad digital y la crisis de biodiversidad son problemas que no respetan las fronteras disciplinares; emergen de la intersección compleja entre dimensiones físicas, biológicas, económicas, políticas y culturales que ninguna disciplina individual puede comprender de manera suficiente. La demanda de interdisciplinariedad que hoy recorre los sistemas de educación superior y los consejos de investigación de todo el mundo no es, por tanto, una moda académica ni una preferencia estética; es una respuesta necesaria, aunque aún incompleta, a la complejidad constitutiva de los desafíos que la ciencia debe ayudar a resolver.

La historia de la interdisciplinariedad como concepto y como práctica es más larga de lo que el debate contemporáneo suele reconocer. Las grandes tradiciones del pensamiento científico anterior a la especialización moderna, desde la filosofía natural del siglo XVII hasta la economía política del siglo XIX, operaban con una integración de perspectivas que la especialización progresiva fue disolviendo. El siglo XX fue el siglo de las disciplinas: cada uno de los campos del conocimiento construyó sus propias metodologías, sus propias comunidades de pares, sus propias revistas de referencia y sus propios criterios de calidad, produciendo un conocimiento cada vez más preciso dentro de dominios cada vez más estrechos. Esa profundización produjo avances extraordinarios, pero también fragmentaciones que hoy se experimentan como limitaciones: la física puede modelar el comportamiento de partículas subatómicas con precisión asombrosa, pero necesita de la economía, la sociología y la ciencia política para comprender cómo sus aplicaciones tecnológicas distribuyen sus beneficios y sus riesgos en la sociedad.

El debate sobre la articulación entre disciplinas ha producido en las últimas décadas una familia de conceptos que no siempre son utilizados con precisión: multidisciplinariedad, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad y, más recientemente, antedisciplinariedad. La distinción entre estos conceptos no es meramente terminológica; tiene implicaciones epistemológicas, metodológicas e institucionales que determinan el tipo de preguntas que se pueden formular, los métodos que se pueden emplear y los actores que se pueden incorporar al proceso de producción del conocimiento. Comprender esas distintas formas es condición necesaria para evaluar cuándo cada una es apropiada y qué condiciones se requieren para implementarlas de manera genuina, más allá de las declaraciones formales de integración que frecuentemente esconden prácticas disciplinares convencionales con un lenguaje interdisciplinario superpuesto.

La globalización ha añadido al panorama una dimensión adicional de complejidad que la literatura ha comenzado a documentar con mayor rigor crítico. La colaboración académica internacional no ocurre en un espacio neutro de intercambio libre de conocimiento; ocurre en un campo estructurado por asimetrías de recursos, de idioma, de infraestructura tecnológica y de poder de definición de las agendas de investigación que reproducen, con nuevas formas, las desigualdades históricas entre el Norte global y el Sur global. Las redes científicas intergubernamentales, los programas de movilidad académica y los movimientos de ciencia abierta son todos intentos, con distintos grados de éxito y con distintas tensiones internas, de construir formas más equitativas de colaboración que no reproduzcan el modelo extractivo en el que el Sur global aporta datos y problemas mientras el Norte global produce teoría y se lleva el crédito de los descubrimientos.

Este capítulo examina esas tensiones con rigor conceptual y perspectiva crítica. El análisis se organiza en cuatro ejes: los fundamentos epistemológicos de la interdisciplinariedad y la distinción entre sus distintos niveles de integración; las condiciones institucionales y culturales de la colaboración académica genuina; las dinámicas geopolíticas de las redes científicas internacionales y las posibilidades de la ciencia abierta para democratizar la producción del conocimiento; y la internacionalización de la educación superior como proceso

que articula oportunidades de aprendizaje global con riesgos de homogeneización y dependencia. A través de ese recorrido, emerge una comprensión articulada de por qué la interdisciplinariedad y la colaboración académica son tanto condiciones de la ciencia del futuro como proyectos institucionales y políticos que requieren transformaciones deliberadas en las estructuras que hoy gobiernan la producción del conocimiento.

## **II. Desarrollo**

### **2.1. Fundamentos epistemológicos de la interdisciplinariedad: multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad como niveles cualitativamente distintos**

La distinción entre multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad no es solo una cuestión de prefijos: representa una jerarquía de integración epistemológica que tiene consecuencias directas sobre el tipo de conocimiento que cada enfoque puede producir y sobre los actores que puede incorporar al proceso de producción. Comprender esa distinción con precisión es condición previa para evaluar cuándo cada forma es epistemológicamente apropiada y qué condiciones institucionales se requieren para implementarla de manera auténtica.

La multidisciplinariedad representa el nivel más básico de articulación entre disciplinas. Consiste en la yuxtaposición de perspectivas y metodologías de diferentes campos del conocimiento para abordar una misma pregunta de investigación, sin que se produzca una integración sustantiva entre ellas. Cada disciplina contribuye desde su propio marco teórico y metodológico, y una vez concluido el trabajo colaborativo, cada una retorna a sus límites sin haber modificado significativamente sus supuestos o sus métodos (DIM-EDU, s.f.). La utilidad de la multidisciplinariedad reside en que enriquece la comprensión de un problema mediante la incorporación de perspectivas diversas, pero ese enriquecimiento permanece al servicio de la disciplina base que lideró la colaboración, y los límites del marco disciplinar de cada participante se mantienen vigentes. Un programa de salud pública que convoca a médicos, epidemiólogos, economistas y sociólogos para analizar los determinantes de una

enfermedad puede ser multidisciplinario si cada especialidad produce su propio análisis sin que se genere un marco conceptual integrado que supere los aportes individuales.

La interdisciplinariedad da un paso cualitativamente significativo al proponer no solo la yuxtaposición sino la interacción, la transferencia metodológica y la eventual fusión conceptual entre disciplinas. Gutiérrez (2004, citada en Varona Domínguez, 2022) la define como un proceso de intercambio y colaboración entre dos o más disciplinas que produce nuevas visiones del objeto de estudio mediante la apertura epistemológica, metodológica, axiológica y ontológica, flexibilizando las fronteras del conocimiento y enriqueciendo a las personas y disciplinas involucradas sin que ninguna de ellas renuncie a su identidad. Esta definición capta algo epistemológicamente crucial: la interdisciplinariedad auténtica no disuelve las disciplinas; las transforma. El diálogo genuino entre un biólogo marino y un economista ecológico no produce simplemente dos análisis paralelos de un mismo ecosistema; puede producir marcos conceptuales nuevos, como la economía de los ecosistemas, que ninguna de las dos disciplinas podría haber generado en soledad.

La transdisciplinariedad, a diferencia de los dos niveles anteriores, no solo articula las disciplinas académicas entre sí sino que trasciende sus fronteras para incorporar saberes no académicos al proceso de producción del conocimiento. Nicolescu y Morin, sus principales teóricos, proponen que la transdisciplinariedad examina las dinámicas entre múltiples niveles de la realidad de manera simultánea, antes que focalizarse en un solo nivel como hace la investigación disciplinar tradicional, y que incorpora la participación de actores sociales, comunidades locales y portadores de saberes experienciales como productores legítimos de conocimiento junto con los investigadores académicos (Enpoli, 2024). Esta expansión del círculo de producción del conocimiento tiene implicaciones que van más allá de la epistemología para entrar en el terreno de la democracia del conocimiento: preguntarse quién puede producir conocimiento legítimo sobre los problemas que afectan a una comunidad es también preguntarse quién tiene el poder de definir esos problemas y orientar las soluciones.

Klein (1990, citada en Vásquez, Barquero y Bosch, 2024) caracteriza la interdisciplinariedad como una síntesis de dos o más disciplinas que establece un nuevo nivel de discurso y de integración de conocimiento, y a la transdisciplinariedad como un enfoque holístico que subordina las disciplinas mirando las dinámicas del sistema completo. Esta jerarquía no implica que la transdisciplinariedad sea siempre superior a la interdisciplinariedad o a la multidisciplinariedad: cada enfoque es epistemológicamente apropiado para diferentes tipos de problemas y diferentes contextos de investigación. Los enfoques supradisciplinares no pretenden disolver las disciplinas tradicionales sino construirse sobre ellas, reconociendo su valor para la generación de conocimiento especializado mientras desarrollan marcos integradores para problemas complejos que ninguna disciplina puede abordar de manera autónoma (DIM-EDU, s.f.).

La transición desde la enseñanza y la investigación disciplinar hacia enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios en las instituciones de educación superior no es, sin embargo, un proceso que ocurra de manera espontánea por el simple reconocimiento intelectual de sus ventajas. La literatura documenta con consistencia que factores como la falta de formación docente específica en metodologías interdisciplinarias, la rigidez de los currículos organizados por asignaturas, la ausencia de espacios de colaboración profesional entre docentes de diferentes áreas, y los sistemas de evaluación académica que premian la producción disciplinar especializada antes que la colaboración integradora constituyen barreras estructurales que reproducen la fragmentación del conocimiento incluso en contextos donde el discurso institucional proclama la interdisciplinariedad como valor (Ciencia Latina, 2025). Existe, en consecuencia, una brecha significativa entre el reconocimiento teórico de la interdisciplinariedad y su aplicación práctica, tanto en la docencia como en la investigación.

## **2.2. Condiciones institucionales y culturales de la colaboración académica genuina**

El reconocimiento intelectual de la interdisciplinariedad no basta para producirla. Las condiciones institucionales y culturales que hacen posible la colaboración académica genuina son tan importantes como los fundamentos epistemológicos

que la justifican, y su ausencia explica por qué tantos proyectos que se declaran interdisciplinarios reproducen en la práctica dinámicas multidisciplinares o incluso simplemente disciplinares con un vocabulario de integración superpuesto.

La primera condición es la cultura académica de confianza y reconocimiento mutuo entre investigadores de distintas disciplinas. El pensamiento complejo, en la formulación de Edgar Morin, exige el abandono de la simplicidad por la complejidad que implican las rupturas con los paradigmas disciplinares tradicionales, y esa exigencia produce resistencias que son tanto epistemológicas como identitarias: los investigadores no solo defienden sus marcos conceptuales porque los consideran más adecuados para comprender la realidad, sino también porque esos marcos definen su identidad profesional y su pertenencia a una comunidad de pares que los reconoce y los evalúa (Enpoli, 2024). Superar esas resistencias requiere procesos de socialización académica que rara vez se diseñan de manera explícita en las instituciones de educación superior, donde los programas de formación doctoral siguen siendo predominantemente disciplinares incluso en contextos donde la investigación exige competencias interdisciplinarias.

La segunda condición es la existencia de espacios institucionales protegidos donde la colaboración interdisciplinaria pueda desarrollarse sin las presiones de los sistemas de evaluación convencional. La Unión Europea ha reconocido explícitamente esta necesidad al incluir en las prioridades del programa Horizonte 2020-2030 la integración sistemática y estratégica de las ciencias sociales y las humanidades en los programas de investigación de frontera, con el argumento de que para lograr una explicación más comprensiva y holística de los problemas complejos de la vida real es necesario reunir diferentes enfoques científicos y disciplinares, competencias, métodos y habilidades (León-Duarte, 2022). Esta integración formal en los marcos de financiamiento crea incentivos institucionales para la colaboración interdisciplinaria que complementan, aunque no sustituyen, los cambios culturales que esa colaboración requiere.

La tercera condición, frecuentemente subestimada, es la formación metodológica específica para la investigación colaborativa. Trabajar en equipos

interdisciplinarios no es simplemente trabajar en equipos con investigadores de distintas especialidades: exige competencias específicas de moderación, mediación, traducción conceptual y transferencia de conocimiento entre marcos disciplinares que rara vez se enseñan de manera explícita en los programas de formación académica (DIM-EDU, s.f.). La capacidad de articular el propio marco conceptual en términos comprensibles para investigadores de otras disciplinas, de identificar supuestos metodológicos compartidos y divergentes, y de construir un lenguaje común que no reduzca la riqueza de ninguno de los marcos disciplinares involucrados es una competencia sofisticada que requiere entrenamiento deliberado. Sin esa formación, los equipos interdisciplinarios frecuentemente producen trabajo multidisciplinar: cada investigador aporta desde su propia disciplina sin que se genere la integración conceptual que distingue a la interdisciplinariedad auténtica.

La cuarta condición es la reforma de los sistemas de evaluación académica. Los sistemas de mérito académico en las universidades y los centros de investigación en todo el mundo siguen siendo predominantemente disciplinares en su lógica: los investigadores son evaluados por su productividad en revistas especializadas de su disciplina, por sus citas dentro de su comunidad disciplinar y por el reconocimiento de sus pares disciplinares. En esas condiciones, participar en proyectos interdisciplinarios que producen publicaciones en revistas generalistas o en formatos no convencionales puede ser una decisión costosa en términos de trayectoria académica, especialmente para los investigadores jóvenes que aún no tienen consolidada su posición institucional. Varona Domínguez (2022) señala con precisión que la interdisciplinariedad en la educación superior enfrenta la tensión constitutiva entre la lógica mercantilista que empuja hacia la especialización rentable y la lógica humanística que demanda la integración del conocimiento para comprender y transformar la realidad. Resolver esa tensión requiere cambios en las políticas institucionales de evaluación que aún son escasos y tímidos en la mayor parte de los sistemas de educación superior.

### **2.3. Geopolítica del conocimiento y ciencia abierta: asimetrías, justicia epistémica y nuevas formas de colaboración**

La colaboración académica internacional no ocurre en un espacio neutro. Ocurre en un campo estructurado por asimetrías históricas de recursos, idioma, infraestructura tecnológica y poder de definición de las agendas de investigación que reproducen, bajo nuevas formas, las relaciones de dependencia entre los países del Norte global y los del Sur global. Comprender esas asimetrías no con el fin de producir victimismo académico sino para diseñar formas más equitativas de colaboración es una de las tareas más urgentes de la geopolítica del conocimiento contemporánea.

Las redes científicas intergubernamentales que articulan la colaboración académica entre América Latina y el mundo desarrollado ilustran tanto el potencial como las limitaciones de esas formas de colaboración. CYTED, el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, financió entre sus inicios y 2013 más de 441 redes temáticas de investigación y 680 proyectos de innovación con la participación directa de más de 28.800 científicos de veintiún países miembros. Entre sus logros más significativos se encuentran la producción de conocimiento científico colectivo, como los proyectos de secuenciación genómica a gran escala o las redes para detectar virosis emergentes, resultados que habrían sido difíciles o imposibles de obtener por parte de grupos individuales de cualquier país (Science and Diplomacy, 2023). Sin embargo, el mismo análisis identifica una tensión estructural que ningún programa de cooperación ha resuelto completamente: los cambios en la clasificación de algunos países latinoamericanos hacia categorías de ingreso medio han transformado las reglas de financiamiento de maneras que refuerzan las asimetrías entre los países más avanzados de la región y los menos desarrollados, que se rezagan al ser incapaces de apoyar financieramente a sus propios investigadores.

La Red de Ciencia Abierta y Colaborativa para el Desarrollo (OCSDNet), surgida entre 2015 y 2018 con el apoyo del IDRC de Canadá y el Ministerio de Desarrollo Internacional del Reino Unido, articuló doce proyectos en veintiséis países del Sur global y produjo un Manifiesto de Ciencia Abierta y Colaborativa que constituyó el primer documento internacional capaz de articular de manera sistemática los valores, los principios y los desafíos específicos de la ciencia abierta desde la perspectiva del Sur global (Arbor, s.f.). El manifiesto cuestionó

explícitamente la visión tecnocrática dominante de la ciencia abierta, que se concentra en la apertura de los datos y las publicaciones como problemas principalmente técnicos, para proponer en su lugar un enfoque que reconoce el papel que juegan las relaciones de poder en la producción de conocimiento y admite que el proceso de ciencia abierta tiene lugar en una variedad de contextos en los que intervienen personas diversas que enfrentan y negocian conjuntos particulares de barreras, desafíos y oportunidades. Esta perspectiva crítica de la ciencia abierta es epistemológicamente más sofisticada que la tecnocrática porque reconoce que abrir los datos y las publicaciones sin transformar las relaciones de poder que estructuran las agendas de investigación puede reproducir, con mayor eficiencia tecnológica, los patrones extractivos de la colaboración científica Norte-Sur.

Desde una perspectiva geopolítica, existen diferencias fundamentales en la concepción de las publicaciones científicas entre el Norte y el Sur global. En América Latina, las publicaciones académicas se conciben como el intercambio comunitario de bienes públicos, respaldadas por una infraestructura no comercial y financiada con fondos públicos, orientada a promover el acceso abierto como la forma natural de comunicación científica. En el Norte global, en cambio, las pautas del Plan S y de las grandes editoriales comerciales tienden a tratar las publicaciones científicas como productos sujetos a lógicas de comercialización que pueden afectar la autonomía local de las agendas de investigación y desalentar las buenas prácticas del acceso abierto gestionado por la propia comunidad académica (Redalyc, Vías Abiertas, s.f.; UNESCO, Ciencia Abierta, 2023). Esta tensión entre dos modelos de comunicación científica no es un asunto técnico de arquitectura de plataformas; es un debate político sobre quién controla el conocimiento producido con fondos públicos y en beneficio de quién opera el sistema de publicación académica global.

La experiencia de MetaDocencia en Argentina ilustra cómo una comunidad de práctica orientada al Sur global puede construir formas de colaboración que no repliquen la dinámica paternalista o extractivista que ha caracterizado a muchas formas de cooperación científica Norte-Sur. MetaDocencia desarrolla recursos educativos abiertos, reutilizables y accesibles que llegan a una comunidad global de habla hispana, priorizando las comunidades hispanohablantes y localizando

prácticas científicas y técnicas de uso internacional. Su enfoque plantea explícitamente la necesidad de trabajar para garantizar que la distribución del conocimiento sea justa y equitativa, promoviendo una colaboración que no sea paternalista ni extractivista y fomentando redes que valoren y reconozcan las aportaciones mutuas en lugar de limitarse a una dinámica de donante-receptor (MetaDocencia, 2024). Esta articulación entre acceso abierto y justicia epistémica es el aporte conceptual más significativo que las comunidades académicas del Sur global han hecho al debate sobre ciencia abierta en la última década.

La Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID) ha institucionalizado ese enfoque de colaboración equitativa a través de su programa de fomento a la vinculación internacional para instituciones de investigación, que parte del reconocimiento de que en un mundo globalizado los equipos de investigación difícilmente pueden funcionar ajenos a las circunstancias y desafíos existentes a nivel internacional, y de que la colaboración internacional en CTI tiene un impacto positivo no solo en la investigación por sí misma, sino también en términos de prosperidad económica, bienestar de la sociedad y buen entendimiento entre los estados (ANID, 2024). Esta institucionalización de la colaboración internacional como política pública de CTI, y no solo como práctica espontánea de investigadores individuales, representa un avance significativo en la comprensión de que las redes académicas son también redes de poder cuya configuración tiene consecuencias para el desarrollo nacional.

**Tabla 1**

*Modelos de colaboración académica internacional: características, asimetrías y condiciones de equidad epistémica*

<b>Modelo de colaboración</b>	<b>de</b>	<b>Mecanismos principales</b>	<b>Asimetrías identificadas</b>	<b>Condiciones de equidad epistémica</b>
<i>Redes intergubernamentales (CYTED, IAI)</i>	<i>científicas</i>	Financiamiento conjunto, redes temáticas, movilidad de investigadores	Países pequeños se rezagan cuando cambian criterios de elegibilidad por ingreso per cápita	Diseño de modalidades inclusivas que superen asimetrías de capacidad entre países miembros
<i>Cooperación Norte-Sur bilateral</i>		Becas, co-autoría, estancias de investigación,	El Norte define las agendas y los marcos teóricos; el	Redefinición de los roles desde el diseño: el Sur como co-

<i>Ciencia abierta y acceso abierto</i>	proyectos conjuntos Repositorios, datos abiertos, publicaciones de acceso libre	Sur aporta datos y contextos locales El Plan S y las editoriales comerciales pueden reproducir asimetrías con mayor eficiencia tecnológica	productor de teoría, no solo de datos Infraestructuras de conocimiento gobernadas comunitariamente; acceso abierto como bien público
<i>Redes de práctica Sur-Sur</i>	Comunidades de práctica, recursos educativos abiertos, localización de saberes	Menor visibilidad en sistemas de indexación internacionales; menor financiamiento	Reconocimiento de las métricas alternativas de impacto; visibilidad en espacios internacionales

*Nota.* Tabla elaborada con base en Science and Diplomacy (2023), Arbor (s.f.), MetaDocencia (2024), Redalyc Vías Abiertas (s.f.), UNESCO Ciencia Abierta (2023) y ANID (2024). Las condiciones de equidad epistémica recogen propuestas presentes en la literatura analizada.

La tabla sintetiza un panorama donde ningún modelo de colaboración académica internacional está libre de tensiones entre la apertura que proclama y las asimetrías que reproduce. El desafío de construir formas de colaboración genuinamente equitativas no es solo técnico ni solo institucional; es también político y cultural, porque exige que los investigadores y las instituciones del Norte global estén dispuestos a ceder poder de definición de las agendas y a reconocer la legitimidad epistémica de los marcos conceptuales producidos en el Sur global.

#### **2.4. Internacionalización de la educación superior: entre la oportunidad global y el riesgo de la dependencia**

La internacionalización de la educación superior es uno de los procesos más acelerados e irreversibles de las últimas décadas en el campo académico global. La proliferación de programas de movilidad estudiantil, los convenios interinstitucionales, las titulaciones conjuntas, los programas de doctorado cotutelados y las redes de investigación transnacionales han transformado la fisonomía de las universidades en todo el mundo, creando oportunidades genuinas de aprendizaje intercultural, de construcción de capital social global y de acceso a conocimientos y metodologías de frontera que de otra manera serían inaccesibles. Sin embargo, esa misma aceleración ha producido tensiones y asimetrías que la literatura más crítica ha documentado con rigor creciente.

Didou Aupetit (citada en Ladino-Marín y Salazar-Acosta, 2023) ha caracterizado la internacionalización de la educación superior en América Latina como un proceso que transita entre lo exógeno y lo endógeno: en sus formas más tempranas fue fundamentalmente reactiva, orientada por modelos importados de los países del Norte global sin suficiente atención a las condiciones, necesidades y prioridades propias; en sus expresiones más recientes ha comenzado a articular estrategias más endógenas, orientadas por visiones propias de lo que la internacionalización debe aportar al desarrollo regional. Esta transición es importante porque define la diferencia entre una internacionalización que enriquece las capacidades locales y una que las subordina a agendas externas: la primera produce aprendizaje y fortalecimiento institucional; la segunda produce dependencia y reproducción de las asimetrías de conocimiento entre el Norte y el Sur global.

La movilidad académica de docentes e investigadores, a diferencia de la movilidad estudiantil, ha recibido menos atención en la literatura pero tiene consecuencias estructurales de mayor alcance para los sistemas de conocimiento nacionales. Gacel-Ávila (2018, citada en Scielo, 2022) documenta que las principales actividades de internacionalización en América Latina y el Caribe siguen siendo la movilidad de estudiantes y la movilidad de profesores, con solo el 1.26% de los estudiantes de la región beneficiados con una movilidad al exterior. Esa cifra marginal contrasta con la retórica de internacionalización que domina los discursos institucionales y muestra que la internacionalización de la educación superior sigue siendo en la región un fenómeno de élite, accesible a los sectores con más recursos económicos y con mejores trayectorias académicas previas. Los docentes con movilidad internacional forman parte del capital humano que requiere la sociedad global, pues obtienen una experiencia de otro entorno con una realidad de enfoques y puntos de vista diferentes que ayuda a actualizar su área de estudio desde una perspectiva holística y global (Scielo, 2022), pero ese capital se distribuye de manera muy desigual dentro de los sistemas de educación superior latinoamericanos.

La experiencia de la Universidad Autónoma de Baja California en su región transfronteriza con California ilustra cómo la internacionalización puede generar espacios de convergencia genuinos cuando se articula con las realidades territoriales y con las políticas institucionales deliberadas. El caso documenta que la internacionalización, visualizada no solamente como movilidad académica para estudiantes y docentes sino también en cuanto al impacto que tiene para la integración del conocimiento científico teórico-práctico y para encontrar la mejor manera en la que puede contribuir al desarrollo de una comunidad social, puede transformar la estructura organizacional de las instituciones de educación superior de maneras que van más allá de los indicadores convencionales de movilidad (Scielo México, 2011). Esa transformación estructural es precisamente la que distingue a las instituciones que han integrado la internacionalización como proyecto académico genuino de las que la administran como una suma de actividades ad hoc sin coherencia estratégica.

Las universidades de tercera y cuarta generación conceptualizadas por Crissen (2024) en el análisis de las instituciones de educación superior mexicanas ofrecen un marco para comprender hacia dónde apunta la internacionalización como proyecto de transformación institucional profunda. Estas universidades no solo enseñan y generan conocimiento, sino que lo aplican en la sociedad a través de la innovación y la transferencia, con estructuras flexibles y una gestión ágil que facilita la adaptación a las necesidades del entorno en cambio continuo, compromisos con el desarrollo sostenible, la ética y la responsabilidad social, y redes y ecosistemas colaborativos en red que promueven la investigación y los proyectos en conjunto con empresas y organizaciones (Scielo México, RIDE, 2025). Esta visión integrada de la internacionalización, que la articula con la innovación, la responsabilidad social y la colaboración multiactor, es la que mejor captura el potencial transformador de la internacionalización cuando no se reduce a la circulación de personas e indicadores sino que se concibe como una reconfiguración de los propósitos y las prácticas de la institución universitaria.

## **Tabla 2**

*Tensiones y oportunidades de la internacionalización de la educación superior en América Latina: análisis comparado*

<b>Dimensión</b>	<b>Oportunidades documentadas</b>	<b>Tensiones identificadas</b>	<b>Condiciones para una internacionalización equitativa</b>
<i>Movilidad estudiantil</i>	Desarrollo de competencias interculturales, acceso a conocimiento de frontera, construcción de redes académicas	Acceso elitista; flujos Norte-Sur dominantes; escasa movilidad intrarregional	Becas con criterios de equidad socioeconómica; fortalecimiento de la movilidad Sur-Sur y regional
<i>Movilidad docente e investigadora</i>	Actualización disciplinar, formación de redes de investigación, construcción de capital social global	Solo el 1.26% de estudiantes latinoamericanos accede a movilidad exterior; distribución desigual	Políticas institucionales deliberadas de movilidad; programas de repatriación de talento formado en el exterior
<i>Titulaciones conjuntas y redes de investigación</i>	Acceso a infraestructura científica avanzada, co-producción de conocimiento, visibilidad internacional	Dependencia de agendas externas; asimetrías en la definición de las prioridades de investigación	Co-diseño de las agendas desde el inicio; reconocimiento explícito de las capacidades del socio del Sur
<i>Internacionalización del currículo</i>	Formación para un mundo globalizado, integración de perspectivas culturales diversas, empleabilidad global	Riesgo de homogeneización curricular; subordinación de los saberes locales a estándares internacionales	Internacionalización endógena que integra saberes locales y globales sin jerarquizar

*Nota.* Tabla elaborada con base en Ladino-Marín y Salazar-Acosta (2023), Scielo México (2011 y 2022), Scielo RIDE (2025), ANID (2024) y Science and Diplomacy (2023). Las condiciones identificadas recogen propuestas de la literatura analizada, no prescripciones normativas externas al corpus.

La lectura integrada de ambas dimensiones de la tabla revela que la internacionalización de la educación superior es un proceso que puede servir tanto a la reproducción de las asimetrías de conocimiento entre el Norte y el Sur global como a su gradual superación, dependiendo de las decisiones institucionales y políticas que la orienten. La diferencia no está en el volumen de los intercambios sino en la calidad de las relaciones que esos intercambios producen: relaciones de aprendizaje mutuo y de reconocimiento recíproco, o relaciones de dependencia y subordinación epistemológica que reproducen en el campo académico las desigualdades estructurales del sistema global.

### **III. Conclusiones**

El recorrido analítico desarrollado a través de los cuatro ejes de este capítulo permitió construir una comprensión articulada y crítica de la interdisciplinariedad y la colaboración académica en contextos globalizados, revelando que ambos fenómenos son simultáneamente proyectos epistemológicos, proyectos institucionales y proyectos políticos cuyo desarrollo no puede separarse de las estructuras de poder que gobiernan la producción, la circulación y la valorización del conocimiento.

En la primera dimensión, el análisis epistemológico de la distinción entre multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad mostró que la tendencia más significativa del campo es el desplazamiento desde la yuxtaposición de perspectivas disciplinares hacia su integración genuina, y desde la integración entre disciplinas académicas hacia la incorporación de saberes no académicos en procesos transdisciplinarios que democratizan la producción del conocimiento. Los trabajos de Gutiérrez (citada en Varona Domínguez, 2022), Klein (citada en Vásquez et al., 2024) y Nicolescu (referenciado en Enpoli, 2024) convergieron en mostrar que esa jerarquía no implica que la transdisciplinariedad sea siempre superior, sino que distintos niveles de integración son apropiados para distintos problemas y contextos.

En la segunda dimensión, el análisis de las condiciones institucionales y culturales de la colaboración académica genuina reveló que la brecha entre el reconocimiento discursivo de la interdisciplinariedad y su práctica efectiva es amplia y persistente. La cultura académica de identidades disciplinares fuertes, los sistemas de evaluación que premian la especialización, la ausencia de formación metodológica específica para la colaboración y la rigidez de los currículos organizados por asignaturas son barreras estructurales documentadas que ninguna declaración institucional de compromiso con la interdisciplinariedad puede superar sin cambios concretos en los incentivos y las condiciones de trabajo académico (Ciencia Latina, 2025; DIM-EDU, s.f.; Varona Domínguez, 2022).

En la tercera dimensión, el análisis de la geopolítica del conocimiento y la ciencia abierta mostró que la colaboración académica internacional ocurre en un campo estructurado por asimetrías históricas que las nuevas formas de apertura

tecnológica no resuelven automáticamente. La experiencia de CYTED, OCSDNet y MetaDocencia convergió en documentar que construir formas de colaboración genuinamente equitativas requiere el reconocimiento explícito de las relaciones de poder que estructuran las agendas de investigación, la adopción de modelos de gobernanza del conocimiento comunitarios antes que comerciales y la disposición de los actores del Norte global a ceder poder de definición de las agendas en favor de los actores del Sur global (Science and Diplomacy, 2023; Arbor, s.f.; MetaDocencia, 2024).

La cuarta dimensión confrontó las tensiones de la internacionalización de la educación superior, mostrando que la diferencia entre una internacionalización emancipatoria y una que reproduce dependencias no está en el volumen de los intercambios sino en la calidad de las relaciones que esos intercambios producen. Los análisis de Didou Aupetit (referenciada en Ladino-Marín y Salazar-Acosta, 2023), la experiencia de la UABC documentada por Scielo México (2011) y la conceptualización de las universidades de tercera y cuarta generación de Crissen (2024) convergieron en señalar que la internacionalización transformadora es aquella que articula deliberadamente la apertura global con el fortalecimiento de las capacidades propias.

El aporte global del capítulo reside en haber mostrado que la interdisciplinariedad y la colaboración académica son, simultáneamente, demandas epistemológicas de la complejidad de los problemas contemporáneos y proyectos políticos que requieren transformaciones deliberadas en las estructuras de poder, los sistemas de evaluación y los modelos de gobernanza que determinan quién produce conocimiento, desde qué perspectivas, con qué recursos y en beneficio de quién. Avanzar hacia formas más integradas e igualitarias de producción del conocimiento no es un asunto que pueda resolverse solo con buena voluntad académica; requiere la construcción de coaliciones institucionales capaces de transformar las reglas del juego en los sistemas de evaluación, financiamiento y gobernanza de la ciencia.

## Referencias bibliográficas

- ANID. (2024). *Concurso de fomento a la vinculación internacional para instituciones de investigación 2024*. Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile. <https://anid.cl/concursos/concurso-de-fomento-a-la-vinculacion-internacional-para-instituciones-de-investigacion-2024/>
- Arbor. (s.f.). Manifiesto de ciencia abierta y colaborativa en el desarrollo de la red OCSD: contexto e influencia. *Arbor: Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 197(799), 1-14. <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/download/2407/3614>
- Bell Rodríguez, R. F., Orozco Fernández, I. I., y Lema Cachinell, B. M. (2022). Interdisciplinariedad, aproximación conceptual y algunas implicaciones para la educación inclusiva. *UNIANDÉS Episteme*, 9(1), 101-116. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8298181.pdf>
- Ciencia Latina. (2025). Perspectivas epistemológicas sobre la interdisciplinariedad en la educación básica superior: retos, oportunidades e implicaciones para el aprendizaje significativo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 1-22. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/16749>
- DIM-EDU. (s.f.). Epistemología de la interdisciplinariedad: multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad. *DIM Global*. <https://dimglobal.ning.com/profiles/blogs/epistemolog-a-de-la-interdisciplinariedad-multidisciplinariedad>
- Enpoli. (2024). Multidisciplinariedad y transdisciplinariedad hacia el desarrollo del pensamiento complejo en educación básica y superior. *Enpoli: Divulgación Científica*. <https://www.enpoli.com.mx/divulgacion-cientifica/multidisciplinariedad-y-transdisciplinariedad-hacia-el-desarrollo-del-pensamiento-complejo-en-educacion-basica-y-superior/>
- Ladino-Marín, P., y Salazar-Acosta, L. M. (2023). La internacionalización en la educación superior latinoamericana: una revisión documental. *Cuaderno*

de *Pedagogía Universitaria*, 20(39), 9-19.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9056860.pdf>

León-Duarte, G. A. (Ed.). (2022). *Docencia e investigación educativa con enfoque interdisciplinario*. Comunicación Científica. <https://comunicacion-cientifica.com/html/ID-CC-071/prologo.php>

MetaDocencia. (2024). Cómo promovemos y representamos la ciencia abierta regional en eventos globales. *Blog de MetaDocencia*. <https://metadocencia.org/post/2024/20241108-representarcaregional/>

Redalyc. (s.f.). Las vías abiertas de América Latina: ciencia abierta, acceso abierto y modelos de comunicación científica en la región. *Información, Cultura y Sociedad*, 43, 1-20.  
<https://www.redalyc.org/journal/3505/350560860009/html/>

Science and Diplomacy. (2023). El papel de las redes científicas intergubernamentales en las relaciones regionales y la integración de América Latina. *Science and Diplomacy*. <https://www.sciencediplomacy.org/article/2015/el-papel-de-las-redes-cientificas-intergubernamentales-en-las-relaciones-regionales-y>

Scielo México. (2011). Internacionalización de la educación superior: aprendizaje institucional en Baja California. *Perfiles Educativos*, 33(132), 1-18.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602011000300003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602011000300003)

Scielo México. (2019). La movilidad académica internacional: experiencias de los estudiantes en instituciones de educación superior de Colombia y México. *Perfiles Educativos*, 41(163), 71-88.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602019000200071](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602019000200071)

Scielo México, RIDE. (2025). Internacionalización de las instituciones de educación superior privadas en México: hacia un modelo de cuarta generación. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo*

*Educativo*, 15(30), e853. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ride/v15n30/2007-7467-ride-15-30-e853.pdf>

Scielo México. (2022). La importancia de promover la movilidad internacional como parte fundamental para el desarrollo de capital humano docente de UACYA-UAN. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 24, 1-15. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2683-14652022000200044](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2683-14652022000200044)

UNESCO. (2023). *Tendencias recientes en las políticas científicas de ciencia abierta y acceso abierto en Iberoamérica*. <https://www.unesco.org/es/articles/tendencias-recientes-en-las-politicas-cientificas-de-ciencia-abierta-y-acceso-abierto-en>

UNESCO-IESALC. (s.f.). *Internacionalización y movilidad académica*. Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe. <https://www.iesalc.unesco.org/es/node/2>

Varona Domínguez, F. (2022). La interdisciplinariedad en la educación superior: una mirada desde la oposición al mercantilismo. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(5), 369-383. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202022000500369](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202022000500369)

Vásquez, S., Barquero, B., y Bosch, M. (2024). Interdisciplinariedad en educación secundaria: un recorrido de estudio e investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(3), 115-138. <https://ensciencias.uab.cat/article/download/v42-n3-vasquez-barquero-bosch/6029-pdf-es/30216>

OVTT. (2015). Bosques Modelo: nuevas formas de investigación desde la ciencia abierta. *Observatorio Virtual de Transferencia de Tecnología*. <https://www.ovtt.org/bosques-modelo-nuevas-formas-de-investigacion-desde-la-ciencia-abierta/>

Redalyc, Movilidad. (s.f.). Exploración de las etapas de movilidad estudiantil: perspectivas de estudiantes de la Universidad de Sonora en instituciones

de educación superior sudamericanas. *Formación Universitaria*, 17(1), 1-18. <https://www.redalyc.org/journal/5216/521676741006/html/>

# DESAFÍOS Y PROSPECTIVAS DE LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA HACIA EL 2050

*Challenges and prospects of education, science, and technology toward 2050*

## **Autores del Capítulo:**

**Erick Oswaldo Quiroz Rojas** <sup>1</sup>

*Universidad de Guayaquil*

*erick.quirozr@ug.edu.ec*

<https://orcid.org/0009-0005-3771-1863>

**Gabriela Carolina Solís Franco** <sup>2</sup>

*Universidad de Guayaquil*

*gabriela.solisf@ug.edu.ec*

<https://orcid.org/0000-0002-8382-5168>

**Josselin Michelle Alvear Dávalos** <sup>3</sup>

*Universidad de Guayaquil*

*josselin.alveard@ug.edu.ec*

<https://orcid.org/0009-0006-7706-5226>

**Juan Carlos Vasco Delgado** <sup>4</sup>

*Universidad de Guayaquil*

*juan.vascod@ug.edu.ec*

<https://orcid.org/0000-0003-0587-9758>

**Geovanny Francisco Ruiz Muñoz** <sup>5</sup>

*Universidad de Guayaquil*

*geovanny.ruizm@ug.edu.ec*

<https://orcid.org/0000-0001-7529-6342>

## **Resumen**

La prospectiva de la educación, la ciencia y la tecnología hacia el horizonte 2050 constituye uno de los ejercicios intelectuales más exigentes y políticamente urgentes de la actualidad, en la medida en que las decisiones que hoy toman los sistemas educativos, las agencias científicas y los marcos de gobernanza tecnológica determinarán las oportunidades y las desigualdades de varias generaciones futuras. Este capítulo examina, desde una perspectiva crítica e integradora, los grandes desafíos estructurales que los sistemas de educación, ciencia y tecnología deben enfrentar de cara a mediados del siglo XXI. A través de cuatro categorías analíticas, se analizan las transformaciones del contexto global hacia 2050 y sus implicaciones para la educación; los desafíos del trabajo, la automatización y el aprendizaje permanente como eje de las nuevas exigencias a los sistemas educativos; la brecha digital y la desigualdad en el acceso al conocimiento como factor de exclusión o de democratización; y las perspectivas de la ciencia y la tecnología ante los grandes desafíos de sostenibilidad, salud y justicia global. Se concluye que ninguna tendencia constituye un destino inevitable, y que la diferencia entre los futuros más y menos equitativos de la educación, la ciencia y la tecnología reside en las decisiones políticas, institucionales y culturales que los actores relevantes adopten en el presente.

**Palabras clave:** prospectiva educativa, futuros de la educación, automatización, aprendizaje permanente, brecha digital, ciencia y tecnología 2050, desigualdad del conocimiento

## **Abstract**

The prospective analysis of education, science, and technology toward the 2050 horizon constitutes one of the most demanding and politically urgent intellectual exercises of the present, insofar as the decisions today made by educational systems, scientific agencies, and technology governance frameworks will determine the opportunities and inequalities of several future generations. This chapter examines, from a critical and integrative perspective, the major structural challenges that education, science, and technology systems must confront as they look toward the middle of the 21st century. Through four analytical categories, the chapter analyzes the transformations of the global context toward 2050 and their implications for education; the challenges of work, automation, and lifelong learning as the axis of new demands on educational systems; the digital divide and inequality in access to knowledge as a factor of exclusion or democratization; and the prospects of science and technology in the face of the great challenges of sustainability, health, and global justice. It is concluded that no trend constitutes an inevitable destiny, and that the difference between more and less equitable futures for education, science, and technology resides in the political, institutional, and cultural decisions that relevant actors adopt in the present.

**Keywords:** educational prospective, futures of education, automation, lifelong learning, digital divide, science and technology 2050, knowledge inequality

## I. Introducción

Imaginar el futuro de la educación, la ciencia y la tecnología no es un ejercicio especulativo sin consecuencias prácticas. Es, más precisamente, una forma de intervenir en el presente: identificar las trayectorias que los sistemas actuales están siguiendo, evaluar sus implicaciones para las generaciones futuras y crear las condiciones para desviar o reforzar esas trayectorias de manera deliberada. La UNESCO lo planteó con precisión en su informe prospectivo sobre los futuros de la educación: el principal objetivo de la reflexión sobre el futuro en la educación es redefinir nuestro presente, identificar las trayectorias que pueden surgir y analizar las posibilidades que se nos abren o cierran (UNESCO, 2021). Esta orientación del pensamiento prospectivo no es fatalista ni utópica; parte del reconocimiento de que múltiples futuros son posibles y de que la diferencia entre ellos depende de decisiones que están siendo tomadas ahora, en los sistemas de política educativa, en los marcos de gobernanza tecnológica, en los modelos de financiamiento científico y en las culturas institucionales que determinan quién tiene acceso al conocimiento y quién lo produce.

El horizonte 2050 no es una fecha arbitraria. Para esa fecha, según las proyecciones demográficas disponibles, la población mundial habrá alcanzado cerca de diez mil millones de personas, con África concentrando aproximadamente un tercio de ese total. Habrá 1.600 millones de personas mayores de 65 años, transformando radicalmente las demandas sobre los sistemas de educación permanente, salud y protección social. La temperatura media global habrá aumentado entre 1.5 y 2.7 grados centígrados respecto a los niveles preindustriales, con consecuencias ya visibles sobre los sistemas productivos, las migraciones y la seguridad alimentaria. La automatización habrá transformado profundamente el mercado laboral, eliminando ocupaciones rutinarias y creando otras que hoy no existen o apenas empiezan a emerger. La inteligencia artificial habrá penetrado de manera más o menos ubicua en los procesos de producción, gestión y comunicación de las sociedades avanzadas, con efectos distributivos que dependerán crucialmente de las políticas que hoy se diseñen para orientar su desarrollo (UNESCO, 2024; Funcas, 2023).

Frente a ese escenario de transformaciones convergentes y aceleradas, los sistemas de educación, ciencia y tecnología se encuentran simultáneamente bajo presión y en una posición de oportunidad sin precedentes. Bajo presión, porque las instituciones educativas construidas en el siglo XIX para las necesidades de la sociedad industrial, con sus currículos organizados por disciplinas, sus modelos de enseñanza magistral y sus credenciales diseñadas para un mercado laboral estable, resultan estructuralmente inadecuadas para preparar a las personas para un mundo de trabajo en transformación continua y de complejidades globales que ninguna disciplina individual puede abordar de manera autónoma. En posición de oportunidad, porque los avances en neurociencia del aprendizaje, en tecnología educativa y en comprensión de los procesos sociales de producción del conocimiento ofrecen hoy más herramientas que nunca para construir sistemas de aprendizaje más pertinentes, más equitativos y más capaces de responder a la complejidad de los desafíos contemporáneos.

La tensión entre esa presión y esa oportunidad es precisamente la que organiza el análisis de este capítulo. El examen crítico de los desafíos y las perspectivas de la educación, la ciencia y la tecnología hacia 2050 no puede ser ni catastrofista, que proyecta linealmente las tendencias más preocupantes del presente hacia un futuro de exclusión y deterioro inevitable, ni ingenuamente optimista, que confía en que la tecnología resolverá por sí sola los problemas que la tecnología misma ayudó a crear. Requiere, en cambio, una mirada que identifique las fuerzas estructurales que están configurando los posibles futuros, los márgenes de acción que las políticas públicas, las instituciones y los actores sociales tienen para orientar esas fuerzas en direcciones más equitativas y sostenibles, y las condiciones que harían posible que el conocimiento se convierta en el recurso renovable más democráticamente distribuido de la historia humana.

El análisis se organiza en cuatro ejes: las transformaciones del contexto global hacia 2050 y sus implicaciones para los sistemas de educación, ciencia y tecnología; los desafíos del trabajo, la automatización y el aprendizaje permanente como nueva exigencia estructural para los sistemas educativos; la brecha digital y la desigualdad en el acceso al conocimiento como eje central de

la justicia educativa; y las perspectivas de la ciencia y la tecnología ante los grandes desafíos de sostenibilidad, salud y justicia global. A través de ese recorrido, emerge una comprensión articulada de las decisiones que los sistemas de educación, ciencia y tecnología deben tomar hoy para contribuir a construir el futuro más digno, equitativo y sostenible que la humanidad tiene el potencial de alcanzar.

## **II. Desarrollo**

### **2.1. Transformaciones del contexto global hacia 2050: demografía, clima y tecnología como vectores de cambio**

La perspectiva de los sistemas de educación, ciencia y tecnología hacia 2050 no puede construirse en el vacío contextual. Los grandes vectores de transformación del mundo contemporáneo, las tendencias demográficas, la crisis climática y la aceleración tecnológica, están reconfigurando los problemas que esos sistemas deben abordar, las poblaciones que deben atender y los recursos con los que cuentan para hacerlo. Comprender esos vectores con precisión es condición previa para evaluar con rigor los desafíos específicos que enfrentan la educación, la ciencia y la tecnología en el horizonte de mediados del siglo XXI.

La transición demográfica global hacia 2050 tiene dos dimensiones que operan simultáneamente y que tienen implicaciones opuestas para los sistemas educativos. Por un lado, el crecimiento de la población mundial y la expansión del acceso a la educación en África y Asia del Sur generarán una demanda sin precedentes de educación postsecundaria: se calcula que en 2030 habrá 380 millones de estudiantes de educación superior, frente a los 220 millones matriculados en 2021, lo que plantea desafíos de escala, financiamiento y calidad que ningún modelo educativo convencional puede resolver de manera simple (UNESCO, 2024). Por otro lado, el envejecimiento acelerado de la población en Europa, Japón, América del Norte y partes de América Latina está transformando las demandas sobre los sistemas de aprendizaje permanente, que deben atender no solo a jóvenes en formación inicial sino a adultos en proceso de recualificación profesional y a personas mayores cuya longevidad

activa supera ampliamente los marcos institucionales concebidos para una vida laboral de cuatro o cinco décadas.

La crisis climática añade al panorama una dimensión de urgencia que los sistemas de educación y ciencia no pueden seguir abordando como un problema sectorial más. Los seres humanos utilizamos actualmente el equivalente a 1.75 Tierras en términos de recursos naturales, y la temperatura media global podría aumentar 2.7 grados respecto a los niveles preindustriales antes de 2100 si no se producen cambios radicales en los modelos de producción y consumo (UNESCO, 2024). Esas proyecciones tienen consecuencias directas sobre lo que los sistemas educativos deben enseñar, lo que los sistemas científicos deben investigar y lo que los marcos de gobernanza tecnológica deben regular. La educación para la sostenibilidad no puede ser un componente curricular accesorio; debe convertirse en un principio transversal que atraviese todas las disciplinas, todos los niveles educativos y todos los ámbitos de la formación profesional. La ciencia no puede seguir produciendo conocimiento sin incorporar en sus sistemas de evaluación las consecuencias ambientales de las tecnologías que contribuye a desarrollar. Y la tecnología no puede seguir siendo diseñada y desplegada como si la huella ecológica de su producción, operación y descarte fuera un costo externo irrelevante para quienes la crean y la rentabilizan.

La aceleración tecnológica es el tercer vector de transformación contextual cuyas implicaciones para la educación, la ciencia y la sociedad son más difíciles de anticipar con precisión. La historia de las predicciones tecnológicas está llena de fracasos: desde los entusiastas de la radio educativa de los años veinte hasta los apologetas del e-learning de los años noventa, pasando por los profetas del fin de la universidad con la llegada de los MOOCs en la primera década del siglo XXI, la tecnología ha demostrado repetidamente que sus efectos sobre los sistemas educativos son más complejos, más lentos y más dependientes de las condiciones institucionales y culturales que la euforia tecnológica suele reconocer. La quinta oleada tecnológica, desde la mera digitalización a la transformación digital y a los actuales modelos masivos de lenguaje, tiene características que la distinguen de las anteriores, pero ninguna tendencia puede considerarse nuestro destino (Funcas, 2023; UNESCO, 2021). La pregunta prospectiva relevante no es qué harán las tecnologías emergentes a los sistemas

educativos, sino qué decisiones políticas e institucionales determinarán si esas tecnologías amplían o reducen las oportunidades de aprendizaje de quienes más las necesitan.

El retroceso democrático documentado a escala global añade una dimensión política al panorama prospectivo que la literatura educativa suele subestimar. La libertad mundial lleva más de quince años en declive, según los datos de Freedom House citados por la UNESCO (2024). Esa erosión de las condiciones democráticas tiene consecuencias directas sobre los sistemas educativos, cuya capacidad de desarrollar pensamiento crítico, formación ciudadana y cultura de la evidencia depende de condiciones de libertad académica y de pluralismo intelectual que los regímenes autoritarios sistemáticamente erosionan. La educación no puede florecer como proyecto emancipador en contextos donde el conocimiento que cuestiona el poder se suprime y donde el pensamiento crítico se penaliza en lugar de valorarse.

## **2.2. El desafío del trabajo, la automatización y el aprendizaje permanente**

La transformación del mercado laboral por la automatización tecnológica es, junto con la crisis climática, el desafío estructural más relevante que los sistemas educativos deben preparar a las personas para enfrentar hacia 2050. No se trata de un desafío nuevo: la historia del capitalismo industrial está atravesada por ciclos de destrucción creativa que han eliminado ocupaciones antiguas y creado otras nuevas. Lo que distingue la oleada actual de automatización de las anteriores es la velocidad del cambio y la amplitud de su alcance: mientras las revoluciones industriales previas automatizaron principalmente el trabajo físico rutinario, la inteligencia artificial y la robótica avanzada están comenzando a automatizar también el trabajo cognitivo rutinario, afectando a ocupaciones que hasta hace poco se consideraban seguras frente a la sustitución tecnológica.

El Foro Económico Mundial documentó con precisión el alcance de esa transformación: en 2018, un promedio del 71% del total de horas de trabajo en las industrias encuestadas estaba a cargo de seres humanos, frente al 29% de las máquinas. Para 2022 se estimaba que ese balance habría cambiado a 58% humano y 42% máquina, con las tareas de procesamiento de datos y búsqueda

de información siendo las más rápidamente automatizadas (Redalyc, Educación superior y automatización, s.f.). Esta tendencia no tiene un punto de saturación visible a mediano plazo, lo que significa que los sistemas educativos que hoy forman profesionales para ocupaciones específicas corren el riesgo de producir egresados cuya cualificación inicial se volverá obsoleta mucho antes de que completen su vida laboral activa.

La respuesta educativa a ese desafío estructural ha cristalizado en los últimos años alrededor del concepto de aprendizaje permanente, que propone un replanteamiento radical de la relación entre educación y trabajo: en lugar de concentrar la formación en los primeros años de vida y esperar que esas credenciales sean suficientes para toda una trayectoria profesional, los sistemas educativos deben construir la capacidad y la disposición de aprender a lo largo de toda la vida, combinando la formación inicial con ciclos continuos de actualización, recualificación y reconversión profesional que acompañen a las personas a través de una vida laboral inevitablemente discontinua (UNESCO, 2024). Esta reconceptualización tiene implicaciones profundas para el diseño de los sistemas educativos: exige modalidades de formación más flexibles, más modulares y más permeables a las experiencias de aprendizaje informal y no formal; sistemas de reconocimiento de competencias que vayan más allá de las credenciales académicas convencionales; y estructuras de financiamiento que no concentren la inversión pública en la formación inicial sino que la distribuyan a lo largo de toda la trayectoria vital.

Las microcredenciales y las insignias digitales representan una de las respuestas institucionales más extendidas a esa demanda de modularidad y flexibilidad. Alineadas con el concepto de educación permanente, estas certificaciones permiten a los profesionales mantenerse actualizados en competencias específicas sin necesidad de cursar programas completos de larga duración, adaptando su formación a las demandas cambiantes del mercado laboral con una agilidad que los títulos universitarios convencionales difícilmente pueden proporcionar (Alianza para la Educación Superior, 2024). Sin embargo, la literatura más crítica ha señalado que la proliferación de microcredenciales sin marcos de calidad robustos y sin articulación con sistemas de reconocimiento mutuamente aceptados puede producir una fragmentación del conocimiento que

reproduce, en el plano formativo, la misma lógica de precariedad y discontinuidad que caracteriza al mercado laboral que pretende responder.

La transformación digital de las instituciones de educación superior es otra respuesta estructural al desafío de la automatización y el aprendizaje permanente. El uso de datos y análisis para proporcionar experiencias de aprendizaje personalizadas, el desarrollo de laboratorios vivientes y fábricas de aprendizaje que salvan la brecha entre el mundo académico y la industria, y el énfasis creciente en competencias centradas en el ser humano, la creatividad, la colaboración y el pensamiento crítico, son todas respuestas a la comprensión de que la educación del futuro debe preparar para lo que las máquinas no pueden hacer, y no para reproducir lo que ellas hacen mejor (Scielo Bolivia, 2024). Sin embargo, esa transformación digital también enfrenta obstáculos estructurales: la falta de competencias digitales entre los docentes, el acceso desigual a la tecnología entre los estudiantes y la tendencia de muchas instituciones a adoptar herramientas digitales sin transformar los modelos pedagógicos subyacentes son barreras que la inversión tecnológica por sí sola no puede superar.

Funcas (2023) señala que los índices de exposición de las titulaciones universitarias a la inteligencia artificial muestran patrones contraintuitivos: algunas titulaciones que se perciben como tecnológicas tienen alta exposición a la automatización porque realizan tareas rutinarias de procesamiento de información, mientras que otras que se perciben como menos sofisticadas tienen menor exposición porque incorporan competencias de juicio, empatía e interacción humana que los sistemas de IA actuales no pueden replicar. Esta observación tiene implicaciones directas para el diseño curricular de cara a 2050: la preparación para el mundo del trabajo no puede limitarse a la formación técnica en las tecnologías del momento, porque esas tecnologías seguirán evolucionando más rápido de lo que cualquier programa formativo puede actualizar sus contenidos; debe incluir el desarrollo de competencias de aprendizaje autónomo, adaptación y colaboración que permitan a las personas navegar en un mercado laboral permanentemente en transformación.

### **2.3. La brecha digital y la desigualdad en el acceso al conocimiento: entre la democratización y la exclusión**

La brecha digital es, simultáneamente, uno de los desafíos más documentados y uno de los más persistentemente subestimados en su profundidad por las políticas educativas que pretenden resolverlo. La facilidad con que se reduce el problema al acceso a dispositivos y conectividad oculta que la brecha real tiene al menos tres dimensiones distintas que requieren respuestas igualmente diferenciadas: la brecha de acceso, que se refiere a la disponibilidad de infraestructura tecnológica y conectividad; la brecha de uso, que alude a las competencias necesarias para aprovechar efectivamente las tecnologías disponibles; y la brecha de calidad, que designa las diferencias en el tipo de uso que se hace de las tecnologías según el contexto socioeconómico y cultural en el que se producen (Universidad Loyola, 2025).

La magnitud de la brecha de acceso sigue siendo impresionante en términos globales. En enero de 2024, el 47.6% de los habitantes de India vivían desconectados del internet, frente al 10% en Europa y las Américas. Según los datos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en 2023 el 70% de los hombres utilizaba internet, frente al 65% de las mujeres, y la cantidad de mujeres desconectadas en todo el mundo era un 17% mayor que la de hombres (Iberdrola, 2025). Estas cifras no son abstracciones estadísticas; representan millones de personas para quienes la promesa de la economía del conocimiento es literalmente inaccesible, y cuya exclusión digital se traduce en exclusión educativa, laboral y política de consecuencias acumulativas y autoreforzantes.

La pandemia de COVID-19 actuó como un acelerador involuntario de la revelación de las brechas digitales en los sistemas educativos de todo el mundo. La experiencia documentada en México, Ecuador, Argentina y otros países latinoamericanos mostró con contundencia que las estrategias educativas remotas diseñadas sin enfoque territorial ni interseccional fueron ineficaces en contextos con baja conectividad, limitada alfabetización digital y ausencia de infraestructura básica (Ciencia Latina, 2025). En municipios rurales e indígenas, como los de Quintana Roo en México, la educación a distancia fue inviable para amplios sectores, profundizando desigualdades de origen social, económico y

lingüístico que los sistemas educativos presenciales ya reproducían de manera insuficientemente reconocida. Esta experiencia demostró que reducir la brecha digital requiere más que la entrega de dispositivos: es indispensable articular alfabetización tecnológica, formación docente continua y políticas públicas con enfoque de equidad territorial y cultural (Ciencia Latina, 2025).

La brecha de uso es, en muchos sentidos, más difícil de cerrar que la de acceso porque sus determinantes son más difusos y más resistentes a las intervenciones de política convencionales. Los estudios en México, Ecuador y otros países latinoamericanos documentan que incluso cuando los estudiantes tienen acceso a dispositivos y conectividad, las diferencias en las competencias para aprovechar esas tecnologías con fines educativos reproducen y en ocasiones amplifican las desigualdades de capital cultural previas (Redalyc, Brecha digital México, s.f.; Redalyc, Brecha digital Ecuador, 2022). Los estudiantes de hogares con mayor capital cultural saben buscar, evaluar y aplicar información digital de maneras más sofisticadas que sus pares de menor capital cultural, incluso cuando disponen de las mismas herramientas tecnológicas. Esta observación tiene implicaciones pedagógicas cruciales: la integración de tecnologías digitales en los procesos educativos no produce democratización del conocimiento de manera automática; requiere intervenciones pedagógicas deliberadas que desarrollen las competencias de uso crítico y creativo de las tecnologías, y no solo el acceso a ellas.

La introducción de la evaluación PISA 2025 de pensamiento computacional y aprendizaje en el mundo digital ilustra cómo los marcos internacionales de evaluación pueden convertirse, si no se gestionan con atención a las desigualdades estructurales, en nuevos vectores de exclusión. Cuando se introduce una dimensión de evaluación digital en un sistema de comparación internacional donde las brechas de infraestructura tecnológica entre países del Norte y del Sur global son todavía profundas, el riesgo es producir una nueva taxonomía de sistemas educativos exitosos y fallidos que atribuya a las capacidades pedagógicas de los países diferencias que en realidad reflejan brechas de inversión en infraestructura que ningún sistema educativo puede cerrar solo (Redalyc, PISA 2025, 2024). La incorporación de la dimensión digital en las métricas internacionales de calidad educativa es conceptualmente

pertinente, pero su utilidad para la mejora de los sistemas depende de que vaya acompañada de recursos y políticas que cierren las brechas de infraestructura que hacen comparables a los sistemas que hoy no lo son.

**Tabla 1**

*Dimensiones de la brecha digital y sus implicaciones educativas: diagnóstico y propuestas de política hacia 2050*

<b>Dimensión de la brecha</b>	<b>Expresiones concretas</b>	<b>Impacto educativo documentado</b>	<b>Propuestas de política hacia 2050</b>
<i>Brecha de acceso</i>	Infraestructura de conectividad insuficiente en zonas rurales, países de bajos ingresos y comunidades marginadas	Exclusión de la educación remota e híbrida; pérdida de aprendizajes durante la pandemia; profundización de desigualdades previas	Inversión pública en infraestructura de conectividad universal; provisión de dispositivos con criterios de equidad; financiamiento multilateral para países rezagados
<i>Brecha de uso</i>	Diferencias en competencias digitales según capital cultural, género, edad y origen socioeconómico	Reproducción de desigualdades de capital cultural bajo formato digital; usos de entretenimiento frente a usos de aprendizaje y producción	Formación docente continua en pedagogía digital; programas de alfabetización digital con enfoque interseccional; integración curricular del pensamiento computacional
<i>Brecha de calidad</i>	Diferencias en el tipo y la profundidad del uso tecnológico entre grupos socioeconómicos	Amplificación de la brecha de aprendizaje cuando las tecnologías disponibles no se usan con fines educativos sofisticados	Desarrollo de recursos educativos abiertos contextualizados; acompañamiento pedagógico específico para comunidades con menor capital digital
<i>Brecha de género</i>	En 2023, el 17% más de mujeres desconectadas globalmente que hombres; subrepresentación en carreras STEM	Reproducción de segregación de género en el mercado laboral digital; exclusión de las mujeres de las oportunidades de la economía del conocimiento	Programas específicos de formación tecnológica para mujeres; eliminación de sesgos de género en contenidos digitales educativos; mentorías para niñas en STEM

*Nota.* Tabla elaborada con base en Iberdrola (2025), Redalyc PISA 2025 (2024), Redalyc Brecha digital México (s.f.), Redalyc Brecha digital Ecuador (2022), Ciencia Latina (2025) y Universidad Loyola (2025). Las propuestas de política recogen recomendaciones presentes en la literatura analizada.

La interpretación integrada de las cuatro dimensiones revela que la brecha digital no es un problema técnico con solución técnica, sino un fenómeno social complejo cuya superación requiere intervenciones simultáneas en múltiples dimensiones: infraestructura, pedagogía, cultura institucional y políticas de

género. Los países y sistemas educativos que han avanzado más en el cierre de la brecha digital, como Uruguay con su Plan Ceibal documentado por la CEPAL, son aquellos que han comprendido que el acceso a dispositivos y conectividad es necesario pero insuficiente, y que el impacto educativo de la tecnología depende crucialmente de la calidad de las intervenciones pedagógicas que la acompañan (Redalyc, Brechas digitales pandemia, s.f.).

#### **2.4. Prospectivas de la ciencia y la tecnología ante los desafíos globales: sostenibilidad, salud y justicia**

Las prospectivas de la ciencia y la tecnología hacia 2050 se despliegan en un campo de posibilidades que la literatura más reciente describe con una tensión constitutiva: la IA y el cambio climático ocupan simultáneamente los primeros puestos entre las mayores amenazas y entre las mayores oportunidades para la humanidad en los estudios de percepción global, y esa paradoja no es accidental sino reveladora de la naturaleza fundamentalmente ambivalente del poder tecnológico contemporáneo (Fundación UCLM, 2024). Las mismas capacidades de procesamiento de datos y de modelado de sistemas complejos que hacen a la IA potencialmente valiosa para predecir eventos climáticos extremos, optimizar el uso de energías renovables o acelerar el descubrimiento de nuevos fármacos son también las que hacen posible la vigilancia masiva, la amplificación de la desinformación y la optimización de la extracción de combustibles fósiles. Qué aplicaciones se desarrollan, con qué objetivos y bajo qué marcos regulatorios es una decisión política, no una determinación tecnológica.

La convergencia entre inteligencia artificial y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 ilustra ese campo de posibilidades con una claridad que va más allá de la retórica institucional. La IA puede contribuir a alcanzar el ODS 3 (Salud y Bienestar) al mejorar los programas preventivos y diagnósticos, identificar y predecir enfermedades, y facilitar la investigación de nuevos tratamientos con velocidades y precisiones impensables para los enfoques convencionales. Puede contribuir al ODS 13 (Acción por el Clima) mediante el uso de análisis de datos y modelado climático para predecir catástrofes y facilitar la toma de decisiones informadas en situaciones críticas. Puede contribuir al ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) a través de la

optimización de procesos productivos que reduzcan el consumo de recursos y las emisiones asociadas (PwC, 2024; OHCHR, 2024). Sin embargo, hasta la fecha solo el 17% de las metas de los ODS se encuentran avanzando según lo previsto, y las iniciativas de IA utilizadas para la acción climática son todavía reducidas debido a la falta de financiación y estímulos del sector público y privado (Fundación UCLM, 2024).

La paradoja ambiental de la IA es uno de los problemas más urgentes que la prospectiva tecnológica debe enfrentar con honestidad intelectual. La misma tecnología que puede ayudar a modelar el sistema climático con una precisión sin precedentes requiere centros de datos cuyo consumo energético ya representa entre el 1% y el 1.5% del consumo eléctrico global, con proyecciones que apuntan a duplicarse antes de 2030 si no se producen cambios significativos en la eficiencia de los sistemas de cómputo (Noticias Jurídicas, 2024). La Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial de España, aprobada en mayo de 2024, reconoce explícitamente este desafío al contemplar el impulso de la eficiencia energética de los sistemas de almacenamiento de datos y computación como una prioridad ineludible. El concepto de IA verde, que apunta a reducir la huella de carbono de los sistemas de IA en factores de hasta cien o mil veces mediante algoritmos más eficientes y hardware más sostenible, representa una respuesta técnica necesaria pero insuficiente si no va acompañada de decisiones sobre qué aplicaciones de IA merecen el costo ambiental que implican.

La extensión de los ODS más allá de 2030 hacia un horizonte 2050 es una propuesta que ha ganado tracción académica e institucional en los últimos años, reconociendo que los desafíos más profundos de sostenibilidad, equidad y salud global no pueden resolverse en el plazo original de la Agenda 2030. Fuso Nerini et al. (2024, citados en Noticias Jurídicas, 2024) proponen en Nature una hoja de ruta para extender los ODS hasta 2050, reconociendo que la neutralidad climática, la eliminación de la pobreza extrema y la garantía de acceso universal a la educación y la salud requieren transformaciones estructurales de una escala y una profundidad que exceden los horizontes de planificación convencionales. Esta propuesta tiene implicaciones directas para los sistemas de ciencia y tecnología: si los ODS extendidos se convierten en el marco de referencia de las

agendas de investigación hacia 2050, los sistemas nacionales de innovación deberán reorientar sus prioridades desde la competitividad económica como objetivo primario hacia la contribución a los grandes desafíos de sostenibilidad y equidad como criterio central de evaluación de la relevancia científica.

**Tabla 2**

*Prospectivas de la ciencia y la tecnología hacia 2050: oportunidades, tensiones y condiciones de orientación hacia el bien común*

<b>Ámbito</b>	<b>Potencial documentado</b>	<b>Tensiones identificadas</b>	<b>Condiciones de orientación hacia el bien común</b>
<i>IA y sostenibilidad ambiental</i>	Modelado climático de alta precisión; optimización del uso de energías renovables; sistemas de alerta temprana ante desastres	La propia IA genera una huella de carbono creciente; sus aplicaciones incluyen tanto la sostenibilidad como la extracción de combustibles fósiles	Marcos regulatorios que orienten la IA hacia aplicaciones sostenibles; inversión pública en IA verde; estándares de eficiencia energética para centros de datos
<i>IA y salud global</i>	Diagnóstico predictivo; aceleración del descubrimiento de fármacos; mejora de programas preventivos en contextos de bajos recursos	Acceso desigual a los beneficios de la IA médica entre países ricos y pobres; riesgos de privacidad y sesgos en los datos de entrenamiento	Tratados internacionales de acceso equitativo a tecnologías médicas de IA; gobernanza multiactor de los datos de salud; inversión en IA médica para enfermedades desatendidas
<i>Ciencia abierta y democratización del conocimiento</i>	Reducción de barreras de acceso a la producción científica; acelera la colaboración global; habilita participación de actores del Sur global	El Plan S y las editoriales comerciales pueden reproducir asimetrías; la apertura tecnológica no garantiza equidad epistémica	Infraestructuras de conocimiento gobernadas comunitariamente; financiamiento público para repositorios abiertos; reconocimiento de la producción científica en lenguas no hegemónicas
<i>Tecnología y trabajo</i>	Automatización de tareas rutinarias que libera capacidades humanas para trabajo creativo y relacional	Destrucción de ocupaciones a mayor velocidad que la creación de alternativas; concentración de los beneficios de la automatización en los propietarios del capital	Políticas activas de mercado laboral; sistemas de protección social adaptados a trayectorias laborales discontinuas; educación permanente financiada públicamente

*Nota.* Tabla elaborada con base en Fundación UCLM (2024), OHCHR (2024), PwC (2024), Noticias Jurídicas (2024), Redalyc Educación superior y automatización (s.f.) y UNESCO (2021). Las condiciones identificadas recogen propuestas presentes en la literatura analizada.

La lectura integrada de ambas dimensiones de la tabla revela que el potencial de la ciencia y la tecnología para contribuir a los grandes desafíos globales hacia

2050 es genuino e impresionante en cada uno de los ámbitos considerados. Sin embargo, ese potencial no se realizará de manera automática o igualitaria sin marcos institucionales, políticas públicas y compromisos regulatorios que orienten deliberadamente el desarrollo tecnológico hacia el bien común antes que hacia la acumulación privada. La diferencia entre un futuro 2050 donde la IA y la ciencia avanzada contribuyen a reducir las desigualdades de salud, educación y oportunidad, y uno donde esas mismas tecnologías las profundizan, no reside en las capacidades técnicas sino en las decisiones políticas que se adopten en el período comprendido entre hoy y esa fecha.

### **III. Conclusiones**

El recorrido analítico desarrollado a través de los cuatro ejes de este capítulo permitió construir una comprensión articulada y prospectivamente orientada de los desafíos que la educación, la ciencia y la tecnología enfrentan hacia 2050, revelando que esos desafíos no son simplemente problemas técnicos o de gestión sino expresiones de tensiones políticas y éticas fundamentales sobre cómo se distribuye el conocimiento, quién se beneficia del progreso tecnológico y qué tipo de sociedad queremos construir.

En la primera dimensión, el análisis de las transformaciones del contexto global hacia 2050 mostró que los tres grandes vectores de cambio, las tendencias demográficas, la crisis climática y la aceleración tecnológica, están reconfigurando simultáneamente los problemas que los sistemas de educación, ciencia y tecnología deben abordar y los recursos con que cuentan para hacerlo. La proyección de 380 millones de estudiantes de educación superior en 2030, los 1.600 millones de personas mayores de 65 años en 2050 y la temperatura media global en ruta de aumentar 2.7 grados hacia 2100 documentados por la UNESCO (2024) definen un escenario de desafíos convergentes que ninguna disciplina, ninguna institución y ningún Estado puede abordar de manera autónoma.

En la segunda dimensión, el análisis del trabajo, la automatización y el aprendizaje permanente mostró que la respuesta de los sistemas educativos al desafío de la automatización no puede limitarse a la actualización de los

contenidos curriculares o a la introducción de tecnologías digitales en las aulas. Requiere una reconceptualización más profunda de la relación entre educación y trabajo que supere el modelo de formación inicial concentrada y abrace el aprendizaje a lo largo de la vida como principio organizador de los sistemas educativos, con las implicaciones estructurales que ello tiene para el diseño curricular, los sistemas de credencialización y el financiamiento público de la formación.

En la tercera dimensión, el análisis de la brecha digital mostró que la desigualdad en el acceso al conocimiento tiene múltiples dimensiones, de acceso, de uso, de calidad y de género, que no pueden abordarse con intervenciones únicas ni con soluciones exclusivamente tecnológicas. Los datos sobre la conectividad global, la experiencia de la pandemia en América Latina y los análisis sobre PISA 2025 convergieron en señalar que la tecnología puede ser tanto un vector de democratización educativa como un amplificador de las desigualdades preexistentes, dependiendo de las políticas que acompañen su despliegue.

La cuarta dimensión mostró que el potencial de la ciencia y la tecnología para contribuir a los grandes desafíos de sostenibilidad, salud y justicia hacia 2050 es real pero condicionado. Las paradojas de la IA, que puede ayudar a modelar el sistema climático mientras su propio funcionamiento contribuye a degradarlo, que puede democratizar el acceso a la salud mientras profundiza las asimetrías entre Norte y Sur global en el acceso a sus beneficios, son expresiones de la naturaleza constitutivamente ambivalente del poder tecnológico, cuya orientación hacia el bien común requiere marcos regulatorios, compromisos institucionales y culturas de responsabilidad que no emergen espontáneamente del mercado.

El aporte global del capítulo reside en haber mostrado que la frase de la UNESCO es al mismo tiempo una advertencia y una promesa: ninguna tendencia puede considerarse nuestro destino. Los futuros más equitativos y sostenibles de la educación, la ciencia y la tecnología hacia 2050 son posibles, pero no son inevitables. Su construcción depende de decisiones que están siendo tomadas ahora, en los presupuestos públicos, en los diseños curriculares, en los marcos regulatorios de la IA y en los modelos de gobernanza de la ciencia,

y de la voluntad política de orientar esas decisiones hacia la ampliación de las oportunidades de conocimiento para quienes más las necesitan, en lugar de hacia la consolidación de las ventajas de quienes ya las poseen.

## Referencias bibliográficas

- Alianza para la Educación Superior. (2024). Tendencias que marcarán el futuro de la educación superior. *Fundación Alianza para la Educación Superior*. <https://fundacionalianzaparalaeducacionsuperior.org.mx/tendencias-que-marcaran-el-futuro-de-la-educacion-superior/>
- Arbor, Inteligencia Artificial y ODS. (s.f.). Inteligencia artificial para el bien común: IA y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Arbor: Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 196(797), 1-18. <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/download/2450/3727>
- Ciencia Latina. (2025). Brecha digital y desigualdad educativa en el sureste mexicano postpandemia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3), 1-24. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/17868>
- Fundación UCLM. (2024). ¿Puede la inteligencia artificial acelerar el progreso hacia la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible? *Fundación General de la Universidad de Castilla-La Mancha*. <https://fundaciongeneraluclm.es/puede-la-inteligencia-artificial-acelerar-el-progreso-hacia-la-agenda-2030-de-desarrollo-sostenible/>
- Funcas. (2023). Desafíos y oportunidades para el futuro de la educación superior. *Papeles de Economía Española*, 180, 1-22. <https://www.funcas.es/revista/desafios-y-oportunidades-para-el-futuro-de-la-educacion-superior-2/>
- Iberdrola. (2025). *La brecha digital en el mundo y por qué provoca desigualdad*. <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/que-es-brecha-digital>
- Lázaro Lorente, L. M. (2022). La UNESCO y los futuros de la educación superior hasta 2050. Por una ampliación del derecho a la educación que incluya a la educación superior. *Revista Española de Educación Comparada*, 41, 271-280. <https://doi.org/10.5944/reec.41.2022.33879>

- Noticias Jurídicas. (2024). Cómo usar la inteligencia artificial para la consecución de los ODS de la Agenda 2030: una visión desde la ética, la innovación y los algoritmos verdes. *Noticias Jurídicas*. <https://noticias.juridicas.com/conocimiento/articulos-doctrinales/19582>
- OHCHR. (2024). Inteligencia artificial: un cambio revolucionario para el desarrollo sostenible. *Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos*. <https://www.ohchr.org/es/stories/2024/06/artificial-intelligence-game-changer-sustainable-development>
- Pacto Mundial ONU. (2024). *IA generativa para los Objetivos Mundiales*. Pacto Mundial de las Naciones Unidas/Accenture. <https://www.pactomundial.org/noticia/ia-generativa-objetivos-desarrollo-sostenible/>
- Pearson Latam. (2022). UNESCO revela estudio sobre la educación del futuro. *Blog de Pearson Latam*. <https://blog.pearsonlatam.com/educacion-del-futuro/unesco-revela-estudio-sobre-la-educacion-del-futuro>
- Pearson Latam. (2025). Tecnología educativa del futuro: 5 nuevas tendencias. *Blog de Pearson Latam*. <https://blog.pearsonlatam.com/educacion-del-futuro/tecnologia-educativa-del-futuro-nuevas-tendencias>
- PwC España. (2024). IA para la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *PwC NewLaw Pulse*. <https://www.pwc.es/es/newlaw-pulse/legaltech/ia-servicio-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible.html>
- Redalyc. (s.f.). Educación superior, el futuro del trabajo y la automatización. *Perfiles Educativos*, 41(165), 1-22. <https://www.redalyc.org/journal/373/37361142008/html/>
- Redalyc. (2024). Brecha digital en educación y PISA 2025: desafíos y oportunidades. *Millcayac: Revista Digital de Ciencias Sociales*, 11(21), 1-20. <https://www.redalyc.org/journal/5258/525881400008/html/>

- Redalyc. (s.f.). La brecha digital: una revisión conceptual y aportaciones metodológicas para su estudio en México. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 5(14), 1-18.  
<https://www.redalyc.org/journal/4576/457654930005/html/>
- Redalyc. (2022). Estudio de la brecha digital y el proceso de enseñanza-aprendizaje en Ecuador. *Revista Angolana de Ciências*, 4(1), 1-22.  
<https://www.redalyc.org/journal/7041/704173402006/html/>
- Redalyc. (s.f.). Desafíos y tendencias del siglo XXI en la educación superior. *Cumbres*, 6(1), 1-18.  
<https://www.redalyc.org/journal/280/28064146010/html/>
- Scielo Bolivia. (2024). Transformación digital en las instituciones de educación superior: retos, estrategias y perspectivas para el siglo XXI. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 22(1), 42-60.  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762024000100042](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762024000100042)
- UNESCO. (2021). *Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación*. Comisión Internacional sobre los Futuros de la Educación. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375746\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375746_spa)
- UNESCO-IESALC. (2021). *Pensar más allá de los límites: perspectivas sobre los futuros de la educación superior hasta 2050*.  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377529>
- UNESCO. (2024). *Los futuros de la educación: Observatorio de prospectiva y tendencias*. <https://www.unesco.org/es/futures-education>
- Universidad Loyola de América. (2025). Brecha digital y desigualdad en la educación. *Blog Institucional Universidad Loyola*.  
<https://universidadloyola.edu.mx/brecha-digital-y-desigualdad-en-la-educacion/>



---

## Compilación de Estudios Multidisciplinarios en Educación, Ciencia, Innovación y Tecnología

 <https://investigacionycultura.com/index.php/editorial-eduinca>

 [rinvestigacionycultura@gmail.com](mailto:rinvestigacionycultura@gmail.com)

ISBN: 978-9907-9519-0-5

