

Liderazgo escolar, Inteligencia Artificial y el imperativo ético en el enfoque STEM

School leadership, Artificial Intelligence, and the ethical imperative in the STEM approach

Johanna Solange Godoy Cerda

johanna.godoy2021@umce.cl

Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

ORCID ID 0009-0003-9500-4986

Resumen: La integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación, en el marco del enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), plantea un desafío crucial que trasciende la mera optimización técnica para avanzar hacia la justicia educativa. Esta investigación cualitativa tuvo como objetivo comprender cómo el liderazgo escolar y la ética en el uso de la IA inciden en la implementación significativa y transformadora del enfoque STEM en instituciones de educación secundaria. Se aplicaron entrevistas semiestructuradas a directivos de establecimientos con trayectorias en innovación. Los resultados revelan un conocimiento incipiente sobre la dimensión pedagógica y ética de la IA, lo que limita su potencial transformador. Sin embargo, se identifican factores críticos que deben ser considerados para el éxito de la implementación de STEM: el liderazgo distribuido, la cultura colaborativa docente y un compromiso ético explícito. Se concluye que el liderazgo escolar es determinante para incorporar y orientar la IA al servicio de objetivos transformadores como el desarrollo del pensamiento crítico y la reducción de brechas estructurales con el fin de garantizar que la enseñanza STEM se convierta en una herramienta de justicia social y equidad.

Palabras clave: Educación STEM; ética tecnológica; justicia social; inteligencia artificial; liderazgo educativo.

Abstract: The integration of Artificial Intelligence (AI) into education, within the framework of the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approach, poses a crucial challenge that transcends mere technical optimization to advance educational justice. This qualitative research aimed to understand how school leadership and ethics in the use of AI impact the meaningful and transformative implementation of the STEM approach in secondary education institutions. Semi-structured interviews were conducted with school principals with a history of innovation. The results reveal an incipient understanding of the pedagogical and ethical dimensions of AI, which limits its transformative potential. However, critical factors are identified that must be considered for the successful implementation of STEM: distributed leadership, a collaborative teaching culture, and an explicit ethical commitment. It is concluded that school leadership is crucial in incorporating and guiding AI in the service of transformative objectives such as developing critical thinking and reducing structural gaps, ensuring that STEM education becomes a tool for social justice and equity.

Keywords: STEM education; technological ethics; social justice; artificial intelligence; educational leadership.

Introducción

La educación contemporánea se encuentra en una encrucijada a nivel global, obligada a equilibrar la necesidad de preparar a los estudiantes para las competencias críticas de una sociedad impulsada por la tecnología y el imperativo ético de mitigar las desigualdades sociales que persisten en los sistemas escolares. En este contexto, el enfoque STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) ha trascendido a su propósito inicial de desarrollar una fuerza laboral técnica (Zhan & Niu, 2023) para consolidarse como una plataforma que permite avanzar hacia la justicia educativa. El valor real de STEM reside en su potencial para fomentar la alfabetización crítica, permitiendo a los estudiantes interactuar con la ciencia y la tecnología desde

una postura ética y socialmente responsable (Barton & Tan, 2010; Calabrese, 2002).

La irrupción de la Inteligencia Artificial (IA), particularmente la IA generativa, constituye un punto de inflexión pedagógica, puesto que promete redefinir el diseño instruccional mediante herramientas de personalización del aprendizaje y optimización de la retroalimentación a una escala sin precedentes (Barkoczi et al., 2024). Sin embargo, este potencial transformador está intrínsecamente ligado a una tensión ética crucial que señala que, si bien la IA es un motor potencial de equidad, su implementación apresurada o deficiente puede exacerbar las desigualdades estructurales. La opacidad algorítmica, la inherente reproducción de sesgos históricos en los datos de entrenamiento, y los desafíos en la gobernanza de la privacidad de datos (Miao et al., 2021) plantean el riesgo de que la IA se convierta en un factor de profundización de las brechas, especialmente en contextos socioeconómicos vulnerables.

Por consiguiente, la integración de la IA en el enfoque STEM no puede ser considerada un simple proceso técnico, sino un desafío socio-técnico y cultural que exige una gobernanza ética robusta a nivel local. Es en este punto de convergencia donde el liderazgo escolar emerge como la variable crítica y el arquitecto cultural de la transformación. El director debe trascender desde la figura de administrador para asumir un rol de líder transformador y ético (Shields, 2017), capaz de actuar como mediador principal entre las directrices tecnológicas globales y las necesidades pedagógicas situadas de su comunidad (Harris & Jones, 2023).

La principal brecha identificada para esta implementación significativa no es tecnológica, sino que se establece en la comprensión profunda y la gestión ética por parte de los equipos directivos. El éxito, por lo tanto, depende de la capacidad de los líderes para movilizar a sus comunidades hacia un uso de la tecnología que esté alineado con los principios de equidad y el bien común.

Dado lo anterior es relevante comprender ¿De qué manera el liderazgo de los directores escolares, junto al uso ético de la Inteligencia

Artificial, incide en la implementación significativa del enfoque STEM en instituciones de educación secundaria, considerando las oportunidades, obstaculizadores y condiciones institucionales asociadas?

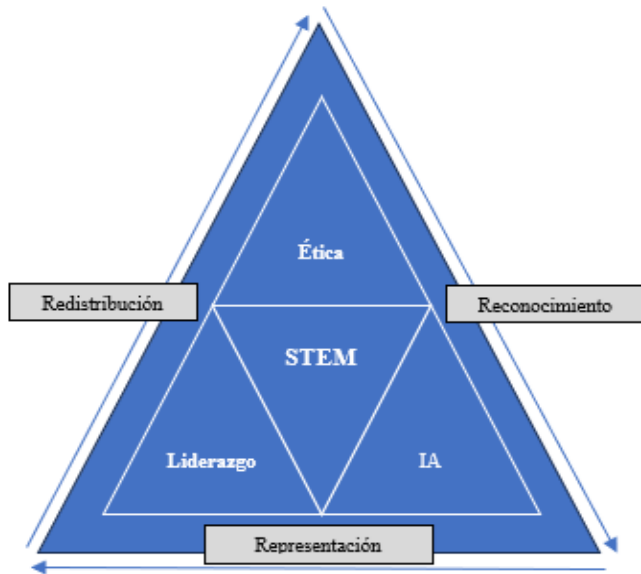
Fundamentación

El marco conceptual de esta investigación se fundamenta en la concepción de STEM como una herramienta de Justicia Social, rechazando la neutralidad de la ciencia y la tecnología. Siguiendo a Barton y Tan (2010), la educación científica debe ser entendida como un espacio de emancipación, reflexión y acción social, donde los estudiantes se involucren activamente en la solución de problemas auténticos de sus comunidades, conectando el currículo con la realidad sociopolítica. Esta visión se alinea con la perspectiva que concibe la educación STEM como un derecho civil que debe asegurar la excelencia y la equidad para todos los grupos demográficos (Tate, 2001).

Se adopta la perspectiva de Justicia Educativa con enfoque tridimensional de Fraser (2008), el cual es crucial para evaluar la implementación de STEM y el uso de IA. Podemos observar esta perspectiva en la Figura 1.

Figura 1

Justicia Educativa según Nancy Fraser



Nota. Elaboración propia.

La Figura 1 presenta el pensamiento de Fraser (2008) al respecto de la Justicia Educativa, la cual se establece en base a tres dimensiones:

- a) **Redistribución:** Se refiere a un acceso equitativo a los recursos tecnológicos y pedagógicos (laboratorios, hardware, software de IA). A partir del punto anterior se puede establecer que la ausencia de la redistribución perpetúa significativamente la brecha digital entre establecimientos.
- b) **Reconocimiento:** Implica la validación de conocimientos y experiencias de grupos históricamente marginados. La implementación de un enfoque STEM basado en la justicia y el reconocimiento promueve la integración de saberes locales o

indígenas en el diseño de soluciones tecnológicas (Calabrese, 2002).

- c) Representación: Asegura la participación efectiva de los estudiantes y las comunidades en la definición de los problemas y soluciones, garantizando que el diseño curricular de STEM esté influenciado por la diversidad de la población escolar.

La Inteligencia Artificial, integrada a STEM, debe ser evaluada sistémicamente no solo por su eficiencia pedagógica, sino por cómo amplía o restringe estas tres dimensiones de la justicia educativa, asegurando que la tecnología no sea solo consumida, sino analizada y co-creada por estudiantes con pensamiento crítico.

Inteligencia artificial: La tensión socio-técnica y el imperativo ético

La IA se enmarca en esta investigación como un sistema socio-técnico complejo (Selwyn, 2024), donde el software y los algoritmos no operan en un vacío, sino que son el resultado de las estructuras sociales, culturales y políticas incrustadas en sus datos. Esta perspectiva subraya que las fallas de la IA no son meramente técnicas, sino que son el reflejo de injusticias sociales preexistentes.

El riesgo central radica en la opacidad algorítmica y el sesgo inherente, el cual se manifiesta cuando los datos utilizados para entrenar modelos de aprendizaje automatizado reproducen patrones de discriminación de género, raza o nivel socioeconómico (Boateng & Boateng, 2025). Este sesgo, se presenta al automatizar decisiones educativas (ej. tracking de estudiantes o recomendaciones de rutas de aprendizaje), lo que representa una amenaza directa y sistémica a la equidad.

El Imperativo Ético se sustenta en la Recomendación de la UNESCO sobre la Ética de la IA (Miao et al., 2021), que exige un enfoque centrado en los derechos humanos y el desarrollo sostenible especialmente los Objetivos de Desarrollo Sostenible 4, 5 y 10. La adopción significativa de la IA requiere

superar la alfabetización digital básica e impulsar la Alfabetización Crítica de la IA. Esto implica tres puntos críticos, los cuales son descritos en la Tabla 1.

Tabla 1

Puntos Críticos del Imperativo Ético

Puntos Críticos del Imperativo Ético	
Puntos Críticos	Descripción
1) Transparencia y Explicabilidad	Entender cómo y por qué la IA toma ciertas decisiones.
2) Fomento del Pensamiento Crítico	Usar la IA no para la automatización, sino para la reflexión sobre su impacto social y sus limitaciones (Southgate, 2020).
3) Mitigación de Riesgos	Desarrollar marcos éticos claros a nivel institucional que orienten el uso docente, aseguren la privacidad de los datos de los estudiantes y mantengan un enfoque de "Human in the Loop", donde el docente y el estudiante preserven la autonomía y la capacidad de cuestionamiento (Chen, 2024).

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 1 sobre Puntos Críticos del Imperativo Ético sintetiza tres dimensiones fundamentales para orientar el uso responsable de la inteligencia artificial (IA) en contextos educativos. En primer lugar, se enfatiza la transparencia y explicabilidad, entendida como la necesidad de comprender cómo y por qué los sistemas de IA generan determinados resultados, lo que favorece la confianza y la apropiación crítica de estas herramientas. En segundo lugar, se destaca el fomento del pensamiento crítico, promoviendo que la IA sea utilizada no como un mecanismo de automatización acrítica, sino como un recurso para cuestionar sus propios alcances, limitaciones e implicaciones sociales (Southgate, 2020). Finalmente, se aborda la mitigación de riesgos, lo que implica la creación de marcos éticos claros a nivel institucional que regulen su implementación, protejan la privacidad de los datos estudiantiles y mantengan un enfoque de Human in the Loop. Este último resguarda la centralidad del docente y del estudiante en el proceso de toma de decisiones, asegurando tanto la autonomía como la capacidad reflexiva frente a la tecnología (Chen, 2024).

Liderazgo escolar transformador y distribuido

El liderazgo escolar es el catalizador necesario para traducir los principios de justicia y ética en acciones pedagógicas concretas. Se fundamenta en el concepto de Liderazgo Transformador (Leithwood & Sun, 2012; Shields, 2017), que va más allá de la gestión administrativa o transaccional para centrarse en la visión compartida y la justicia social como ejes del cambio cultural.

En el contexto tecnológico, este liderazgo se manifiesta como Liderazgo Tecno-Ético y Distribuido (Spillane, 2005). El liderazgo efectivo en la era de la IA debe poseer las siguientes cualidades, vitales para el éxito del enfoque STEM:

- **Visión Crítica y Prospectiva:** Capacidad para discernir entre la innovación genuina y el mero hype tecnológico, orientando la IA hacia objetivos pedagógicos profundos y no a la simple eficiencia. El líder debe ser un aprendiz constante de la tecnología y la ética.
- **Liderazgo Distribuido y Agencia Docente:** El fomento de la autonomía docente y la cultura colaborativa (Harris & Jones, 2023; Spillane, 2005) es esencial. La IA es demasiado compleja para ser gestionada por un solo individuo; su uso ético requiere que los profesores desarrollen agencia para experimentar, evaluar críticamente y adaptar las herramientas de IA a sus aulas de manera segura.
- **Liderazgo Situado y Sensibilidad Contextual:** Implica la capacidad de adecuar las políticas tecnológicas globales y los marcos éticos a las necesidades, desafíos y contextos específicos de la comunidad escolar. Este liderazgo asegura que la IA sirva al bien común de esa población estudiantil particular, mitigando activamente las desigualdades que son parte de ese entorno.

Metodología

Diseño y enfoque

Esta investigación se erige sobre el paradigma interpretativo constructivista, el cual dicta una postura que reconoce la realidad como una entidad plurivocal y subjetivamente construida en la interacción social. Desde esta óptica, la epistemología se orienta hacia el proceso de Verstehen (comprensión profunda), donde el conocimiento es co-creado entre el investigador y los participantes. El foco no es la causalidad o la generalización estadística, sino la captura significativa de los marcos interpretativos que los líderes escolares utilizan para dar sentido a la irrupción de la Inteligencia Artificial (IA) en el ámbito STEM.

Se adoptó el enfoque cualitativo, considerado indispensable para dilucidar en detalle las percepciones, la configuración de estrategias de liderazgo y la complejidad de los dilemas éticos que son inherentemente subjetivos, contextuales y, por ende, inasibles para las aproximaciones cuantitativas.

El diseño metodológico específico es de naturaleza exploratorio-descriptiva. Este diseño fue seleccionado por su rigor pragmático para describir y conceptualizar constructos y procesos como la gestión institucional en la intersección de la IA y STEM en un contexto educativo singular (la educación secundaria chilena). El fenómeno abordado es emergente y ha tenido una rápida mutación, por este motivo la evidencia empírica situada y local es escasa, por este motivo generar un conocimiento inductivo de alto valor heurístico y analítico es vital para futuras intervenciones.

Participantes y muestreo

Se utilizó un muestreo intencionado bajo la modalidad de criterio, enfocado en la selección de directivos que tuvieran un conocimiento y experiencia demostrables en la gestión de la innovación educativa y el enfoque STEM.

El tamaño final de la muestra fue de diez (N=10) directivos de educación secundaria en Chile. El proceso de muestreo se detuvo una vez alcanzado el criterio de saturación teórica, momento en que la nueva información recopilada dejó de generar categorías, temas emergentes o variaciones significativas en los constructos ya definidos, asegurando la suficiencia y riqueza de los datos.

Criterios de inclusión

Los participantes fueron seleccionados basándose en los criterios de inclusión que presenta a continuación la Tabla 2.

Tabla 2

Criterios de Inclusión

Criterios de Inclusión	
Criterio de inclusión	Descripción
1) Cargo Directivo	Ser director activo en un establecimiento de educación secundaria en Chile.
2) Experiencia	Contar con al menos tres años de experiencia continua en el cargo directivo.
3) Innovación Educativa	El establecimiento debe poseer un Proyecto Educativo Institucional (PEI) que incorpore explícitamente el enfoque STEM y/o la integración tecnológica avanzada, demostrando un compromiso institucional con la innovación.

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 2 presenta los criterios de inclusión con los cuales fueron seleccionados los participantes de esta investigación. A partir de estos criterios la muestra final incluyó una diversidad en la dependencia administrativa (pública y particular subvencionada) y una distribución territorial representativa de diferentes realidades socioeconómicas dentro de la Región Metropolitana, con el fin de obtener una lectura contextualizada de las oportunidades y obstaculizadores para abordar la dimensión de justicia educativa.

El contacto con los participantes se realizó a través de tres fases:

- 1) Identificación inicial, momento en el cual se contactó a redes de colaboración académica de directivos escolares para generar una lista preliminar de candidatos que cumplieran con el criterio de innovación educativa.
- 2) Verificación de criterios, realizado a través del envío de un formulario de autoevaluación inicial para confirmar el criterio de cargo y experiencia.
- 3) Invitación formal, en esta instancia los candidatos preseleccionados recibieron una invitación formal por correo electrónico con una descripción detallada de la investigación, el propósito de la entrevista, junto con el compromiso de confidencialidad y anonimización. Luego de la aceptación de esta invitación se procedió a programar las entrevistas.

Instrumento y recolección de datos

La información se recopiló a través de entrevistas semiestructuradas individuales, una técnica que permite la flexibilidad necesaria para explorar en profundidad los significados y las narrativas de los directivos, manteniendo al mismo tiempo un protocolo temático uniforme que garantiza la comparabilidad de los datos.

El Protocolo de Entrevista se estructuró en tres grandes dominios temáticos, directamente alineados con el objetivo central de la investigación, el detalle se presenta a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3

Dominios Temáticos

Dominios Temáticos	
Dominios Temáticos	Descripción
Dominio I Conocimiento y Apropiación de IA	Indagación sobre la familiaridad con la IA generativa, su uso personal/profesional y la percepción de su impacto pedagógico.

Dominios Temáticos	
Dominios Temáticos	Descripción
Dominio II Estrategias de Liderazgo y Condiciones Institucionales	Exploración de las estrategias utilizadas para fomentar la cultura STEM, la autonomía docente y la gestión de recursos tecnológicos.
Dominio III Ética y Justicia Educativa	Reflexión sobre los dilemas de equidad, el sesgo algorítmico y los marcos éticos desarrollados para la integración de la IA.

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 3 nos presenta en detalle los dominios temáticos utilizados en las entrevistas, cada entrevista tuvo una duración promedio de 60 a 75 minutos. Las entrevistas fueron realizadas en modalidad virtual, luego fueron grabadas digitalmente (previo consentimiento informado de los participantes) y posteriormente transcritas. Se garantizó la confidencialidad mediante la asignación de códigos alfanuméricos a cada participante.

Procedimiento de análisis de datos

El análisis de las transcripciones se realizó siguiendo el método de Análisis Temático sistemático propuesto por Braun y Clarke (2006) una metodología flexible y rigurosa que permite identificar, analizar y reportar temas presentes en los datos recolectados.

Se utilizó el software de análisis cualitativo ATLAS.ti para gestionar, organizar y codificar los datos de manera eficiente. El análisis de datos se ejecutó en seis fases iterativas, las cuales se presentan a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4

Fases de Análisis de Datos

Fases de Análisis de Datos	
Fases de Análisis	Descripción
1. Familiarización con los datos	Lectura repetida y activa de todas las transcripciones y toma de notas iniciales sobre ideas recurrentes y de interés.
2. Generación de Códigos Iniciales	Identificación de fragmentos de texto relevantes (citas) y etiquetado con códigos descriptivos de primer orden (ej. "temor al sesgo", "liderazgo

Fases de Análisis de Datos	
Fases de Análisis	Descripción
(Codificación Abierta)	descentralizado", "falta de formación ética"). Estos códigos se mantuvieron cercanos al lenguaje de los participantes.
3. Búsqueda de Temas	Agrupación y clasificación de los códigos iniciales en temas potenciales más amplios y abstractos (ej. Obstaculizadores de la IA, Roles del Liderazgo Ético).
4. Revisión de Temas	Refinamiento, fusión o eliminación de temas. Se verificó la coherencia interna de los datos dentro de cada tema y la distinción externa entre los temas para asegurar que capturen las esencias narrativas. El proceso incluyó la fusión, escisión o eliminación de temas según la saturación de los datos. Se utilizaron mapas temáticos para visualizar la estructura conceptual y las relaciones jerárquicas entre códigos y temas.
5. Definición y Nombramiento de Temas	Creación de definiciones claras y concisas para cada tema final (que se convierten en las categorías de resultados) y selección de un nombre que refleje fielmente su contenido.
6. Producción del Informe	La fase final consistió en integrar el análisis temático con el marco teórico y los objetivos del estudio. Se utilizó evidencia textual (citas) para sustentar la validez de los temas y se estableció una conexión explícita entre las categorías emergentes y la pregunta de investigación para construir la narrativa final de los resultados.

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 4 nos presenta las fases de análisis de datos, dando cuenta de un proceso metódico que garantiza la credibilidad, la auditabilidad y el rigor de los hallazgos cualitativos presentados, estableciendo un vínculo sólido entre la voz de los participantes y las conclusiones académicas del estudio.

Rigor científico y consideraciones éticas

Para asegurar el rigor metodológico, se aplicaron los siguientes criterios:

- Credibilidad o validez interna, para garantizar esta validez se utilizó la triangulación de datos, mediante la comparación de las narrativas entre diferentes directivos y la verificación, supervisión y debate de los códigos iniciales para minimizar el sesgo interpretativo.

- Transferibilidad o validez externa, mediante la descripción detallada del contexto, en este caso educación secundaria en Chile, los criterios de inclusión y perfil de los participantes. esta información facilitara evaluar la pertinencia de transferir los hallazgos a otros contextos similares.
- Dependencia o fiabilidad, este criterio fue desarrollado mediante el uso de un protocolo de entrevista estandarizado y la documentación detallada del proceso de codificación en ATLAS.ti, lo que permite asegurar que el proceso analítico pueda ser auditado.

La investigación cumplió con principios éticos mediante el uso de:

- Consentimiento informado: Todos los participantes firmaron un formulario de consentimiento informado que detallaba el propósito de la investigación, el procedimiento, la duración de la entrevista, el uso de las grabaciones y su derecho a retirarse de la investigación en cualquier momento sin ninguna consecuencia asociada.
- Anonimización y confidencialidad: Se garantizó la absoluta confidencialidad de la información. Las transcripciones se codificaron con identificadores alfanuméricos (D01-D10) y todos los datos personales o institucionales sensibles que pudieran identificar a los participantes o sus establecimientos fueron omitidos en la transcripción final.
- Voluntariedad: La participación fue completamente voluntaria y no hubo compensación económica, asegurando que no existiera coacción en la toma de decisiones.

Resultados

Los hallazgos de la investigación se agruparon en tres categorías principales que reflejan los desafíos, las condiciones habilitantes y las exigencias

normativas en la intersección del liderazgo escolar, la ética de la IA y el enfoque STEM. Para clarificar la relación entre la evidencia (códigos) y los hallazgos (temas/categorías), se presenta un resumen de la estructura analítica, en la Tabla 5.

Tabla 5
Estructura Analítica de Categorías, Temas y Códigos Emergentes

Estructura Analítica de Categorías, Temas y Códigos Emergentes		
Fases de Análisis	Descripción	Códigos
1-. Conocimiento y Urgencia Formativa	Conocimiento Incipiente y Uso Básico El uso de IA se limita a herramientas generativas conocidas (ChatGPT) y funciones administrativas.	- Reconocimiento de marca (ChatGPT). - Usos administrativos básicos. - Ausencia de visión estratégica.
	Riesgos Ignorados Falta de protocolos y reflexión sistemática sobre los dilemas éticos y el sesgo.	- Ignorancia sobre sesgo algorítmico. - Ausencia de protocolos éticos. - Percepción de urgencia formativa (demanda de capacitación crítica).
2-. Condiciones Habilitantes para la Transformación.	Liderazgo Distribuido y Agencia Docente Los directivos actúan como facilitadores, otorgando autonomía al profesorado para innovar.	- Liderazgo descentralizado. - Espacios protegidos (Comités/Redes STEM). - Modelo bottom-up de innovación, en el cual las decisiones se construyen a partir de la experiencia, ideas y propuestas del equipo
	Cultura Colaborativa y Co-creación El aprendizaje de IA ocurre en espacios colectivos de debate ético y co-diseño pedagógico.	- Compartir prompts y secuencias didácticas. - Debates informales sobre dilemas. - Fortalecimiento de la Representación (Justicia Educativa).
3-. El Imperativo Ético del Uso de la IA.	Desafío de la Integridad Académica Preocupación por el uso no ético de la IA por parte de los estudiantes.	- Uso no ético en proyectos. - Necesidad de guías institucionales. - Tensión en la autenticidad de la evaluación.
	Gobernanza de Datos y Prioridad Pedagógica Demanda de transparencia en la gestión de datos y orientación a la enseñanza.	- Resguardo de privacidad de datos. - Resistencia a la tecnología. - Orientación a enriquecer el rigor cognitivo.

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 5 presenta el análisis temático que logró la identificación de tres Categorías Principales. Estas categorías articulan el impacto del liderazgo escolar y la ética en la implementación de la Inteligencia Artificial (IA) en el enfoque STEM, y son: 1) Conocimiento y Urgencia Formativa, 2) Condiciones Habilitantes para la Transformación, y 3) El Imperativo Ético del Uso de la IA. La matriz analítica demuestra un proceso riguroso de condensación de datos, donde los códigos (ej. "Reconocimiento de marca", "Liderazgo descentralizado") se agruparon temáticamente (ej. "Conocimiento Incipiente y Uso Básico") para finalmente conformar categorías conceptuales más amplias.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que la integración significativa de la IA trasciende la mera adquisición de herramientas. Mientras que el “Conocimiento y Urgencia Formativa” revela una brecha crítica en la comprensión estratégica de la IA y sus riesgos éticos, la categoría de “Condiciones Habilitantes” enfatiza que la innovación efectiva se logra mediante un liderazgo distribuido y una cultura colaborativa que fomenta la agencia docente. Por último, la categoría denominada “El Imperativo Ético” subraya la necesidad urgente de marcos de gobernanza y protocolos claros para abordar los desafíos de la integridad académica y la privacidad de datos, asegurando que la tecnología permanezca orientada a enriquecer el rigor cognitivo y la justicia educativa.

Discusión

La brecha de la alfabetización crítica y el riesgo de instrumentalización

Los resultados demuestran que el conocimiento incipiente y superficial de la IA por parte de los directivos es el principal nudo crítico que impide la transición hacia un liderazgo auténticamente transformador y tecno-ético.

Al no comprender las implicaciones del sesgo algorítmico (Boateng & Boateng, 2025) o las dinámicas de opacidad de los modelos generativos, el liderazgo reduce la IA a una herramienta de eficiencia administrativa o técnica, cayendo en la instrumentalización. Esta postura contrasta

directamente con la visión de Shields (2017), quien define el liderazgo transformador como aquel que se orienta activamente hacia la justicia social y el cambio estructural.

La IA, al ser tratada como un sistema técnico neutro, pierde su potencial para impulsar la alfabetización crítica de la IA en la comunidad escolar (Southgate, 2020). La falta de visión crítica en la dirección impide definir una estrategia pedagógica que use la IA para profundizar el pensamiento de orden superior en STEM. En consecuencia, el foco se mantiene en la Redistribución (tener la herramienta) y descuida las dimensiones de Reconocimiento y Representación de la Justicia Educativa, según el marco de Fraser (2008). Para que la IA se integre con sentido, es imperativo que los directivos desarrollen primero una comprensión sistémica de la IA como un sistema socio-técnico (Selwyn, 2024), reconociendo sus fallas como reflejo de las injusticias sociales preexistentes.

Liderazgo distribuido como plataforma para la justicia educativa

A pesar de la barrera de conocimiento inicial, las condiciones habilitantes del liderazgo distribuido y la cultura colaborativa revelan el camino para superar la instrumentalización. La delegación de la autonomía docente y la co-creación de prácticas de IA en STEM (Spillane, 2005) demuestran que la IA es demasiado compleja para ser gestionada centralizadamente.

Este hallazgo es crucial para la Justicia Educativa. La cultura colaborativa crea espacios para el Reconocimiento, permitiendo que los docentes de contextos diversos adapten la IA a sus realidades (Calabrese, 2002) y definan problemas auténticos, promoviendo así la Representación de los estudiantes en el diseño curricular.

Al fomentar la autonomía y la experimentación docente, el liderazgo asegura que la IA se utilice para personalizar el aprendizaje y reducir las brechas (Barkoczi et al., 2024), alineando el enfoque STEM como una herramienta de acción social y emancipación (Barton & Tan, 2010). En este modelo, el director pasa de ser el experto a ser el arquitecto cultural que nutre la agencia y el juicio ético del profesorado.

Del compromiso ético implícito a la gobernanza institucional explícita

El compromiso ético implícito de los directivos, centrado en resguardar la privacidad y evitar el determinismo tecnológico, constituye un punto de partida relevante, pero resulta claramente insuficiente frente a los desafíos que plantea la IA generativa. Este imperativo debe trascender la buena voluntad y ser institucionalizado mediante marcos normativos claros y vinculantes. La preocupación por el plagio académico y la demanda de guías de integridad evidencian que la tecnología ha avanzado más rápido que las políticas escolares, lo que obliga a reconocer que la ética no puede ser tratada como un complemento, sino como el fundamento regulador del uso de la IA.

En esta línea, la recomendación de la UNESCO (Miao et al., 2021) establece que toda integración tecnológica debe orientarse desde un enfoque de derechos humanos, garantizando la dignidad y la equidad. Asimismo, la reticencia a la automatización total expresada en el principio Human in the Loop (Chen et al., 2020), debe no solo preservarse, sino formalizarse, asegurando que la IA opere como un asistente cognitivo y nunca como un sustituto del pensamiento crítico.

En consecuencia, la responsabilidad última de la evaluación, la retroalimentación y la gestión de datos debe recaer siempre en el juicio humano, de modo que el uso de la IA en STEM se alinee con la Justicia de Redistribución, al proveer acceso equitativo a tecnología segura y no sesgada, y con la Justicia de Representación, al garantizar que las voces y datos de los estudiantes sean protegidos y utilizados de manera transparente.

Conclusiones

La presente investigación reafirma que la implementación significativa de STEM mediada por IA exige una aproximación que trascienda la mera dotación tecnológica, demandando la institucionalización de marcos éticos robustos, una comprensión crítica del contexto y una visión pedagógica orientada al bien común.

En primer lugar, se subraya la necesidad de un liderazgo tecno-ético y transformador. La brecha de conocimiento identificada en los equipos directivos constituye un riesgo que podría derivar en la instrumentalización de la IA, contradiciendo el propósito de un liderazgo transformador orientado a la justicia social (Shields, 2017). El éxito en la integración de la IA en STEM no depende únicamente de la competencia técnica, sino de la capacidad del liderazgo para movilizar a la comunidad hacia una postura crítica y ética, asegurando que la IA funcione como un mecanismo de Redistribución y Reconocimiento en el marco de la Justicia Educativa.

En segundo lugar, los hallazgos confirman que el liderazgo distribuido y colaborativo (Harris & Jones, 2023; Spillane, 2005) constituye una condición indispensable de sostenibilidad. La descentralización de poder y la toma de decisiones tecnológicas habilitan procesos de co-creación de prácticas pedagógicas situadas, fortaleciendo la agencia docente y evitando la adopción de soluciones estandarizadas que tienden a profundizar las desigualdades.

En tercer lugar, se enfatiza el imperativo de una gobernanza ética explícita. El compromiso ético implícito de los directivos debe evolucionar hacia políticas institucionales claras que regulen el resguardo de la privacidad de los datos, la integridad académica y la prevención del plagio. En cuanto al sistema socio-técnico (Selwyn, 2024), la IA requiere marcos normativos que se alineen con los principios globales de la UNESCO (Miao et al., 2021) y garanticen un enfoque Human in the Loop (Chen, 2024), preservando tanto el rigor cognitivo como el pensamiento crítico.

Finalmente, se destaca que STEM debe ser concebido como una plataforma de justicia social. Un enfoque crítico, ético y situado no solo potencia el aprendizaje de las ciencias, sino que también redefine el propósito educativo en el siglo XXI. La IA, orientada adecuadamente, se convierte en una herramienta estratégica para el desarrollo sostenible, contribuyendo de manera decisiva a los Objetivos de Desarrollo Sostenible en específico al ODS 4 (Educación de Calidad), ODS 5 (Igualdad de Género, especialmente relevante en STEM) y ODS 10 (Reducción de las Desigualdades).

Recomendaciones para la práctica y la política educativa

A partir de los hallazgos y las conclusiones, se proponen las siguientes recomendaciones concretas, expresadas en la Tabla 6, las cuales están dirigidas a las autoridades educativas, los equipos directivos, formadores de docentes y otros actores que inciden en la toma de decisiones.

Tabla 6

Recomendaciones para la Práctica y la Política Educativa

Fases de Análisis	Descripción	Propósito
a) Desarrollo de la Alfabetización Crítica de la IA para Directivos	Diseñar programas de formación obligatorios y de alta calidad para equipos directivos, enfocados no en el uso técnico de las herramientas, sino en el análisis de riesgos éticos, la comprensión de la opacidad algorítmica y la gestión del sesgo de datos (Cheah & Kim, 2025).	Superar el conocimiento incipiente y posicionar al director como el mediador principal y líder tecno-ético.
b) Formalización de Comités de Gobernanza Tecnológica Docente	Crear e institucionalizar los Comités de Innovación Docente o Redes STEM con autoridad real en el diseño curricular y la selección de plataformas de IA. Estas estructuras deben ser interdepartamentales y fomentar la cultura colaborativa (Harris & Jones, 2023).	Reforzar el liderazgo distribuido, garantizando que las decisiones de IA sean situadas y estén mediadas por la experiencia pedagógica colectiva.
c) Elaboración de un Marco Institucional de Integridad Académica y Datos	Traducir el compromiso ético implícito en protocolos claros para la privacidad de los datos de los estudiantes y la integridad académica en la era de la IA generativa. Esto incluye definir el "uso ético asistido" y el "plagio automatizado".	Proteger los derechos de los estudiantes y asegurar la validez de la evaluación formativa en STEM, cumpliendo con las directrices internacionales (Miao et al., 2021).
d) Enfoque STEM Aumentado para el Pensamiento Crítico	Orientar la IA en STEM hacia tareas que requieran análisis de datos complejos, simulación avanzada o resolución de problemas auténticos de la comunidad (Barton & Tan, 2010), en lugar de la automatización de tareas cognitivamente simples.	Asegurar que la IA impulse la competencia crítica y el pensamiento de orden superior, consolidando el enfoque STEM como una herramienta de Justicia Social activa.

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 6 presenta una síntesis de las Recomendaciones Estratégicas derivadas directamente del análisis de los resultados, cuyo objetivo es guiar la integración crítica y éticamente responsable de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación, con especial énfasis en el enfoque STEM. Estas recomendaciones se estructuran en torno a acciones específicas y propósitos definidos que buscan abordar las brechas identificadas en el conocimiento, la gobernanza y la praxis pedagógica.

Liderazgo y gobernanza distribuida

Una prioridad fundamental reside en fortalecer la capacidad directiva y la gobernanza distribuida para la adopción tecnológica. La recomendación (a) se centra en el Desarrollo de la Alfabetización Crítica de la IA para Directivos, proponiendo programas de formación obligatorios que trasciendan el manejo técnico para enfocarse en el análisis de riesgos éticos, la opacidad algorítmica y la gestión del sesgo de datos (Cheah & Kim, 2025).

El propósito esencial es transformar al director en un líder tecno-ético capaz de mediar la adopción de la IA desde una perspectiva crítica. Complementariamente, la recomendación (b) impulsa la Formalización de Comités de Gobernanza Tecnológica Docente.

Al institucionalizar estructuras como Comités de Innovación o Redes STEM con autoridad real en la toma de decisiones curriculares y la selección de plataformas, se refuerza el liderazgo distribuido (Harris & Jones, 2023), asegurando que la tecnología se adapte a las necesidades pedagógicas colectivas y situadas.

Ética y praxis pedagógica aumentada

En el ámbito operativo y ético, la recomendación (c) establece la necesidad de la Elaboración de un Marco Institucional de Integridad Académica y Datos. Esto implica traducir los compromisos éticos en protocolos claros para la privacidad de los datos estudiantiles y la definición precisa del "uso ético asistido" en contraste con el "plagio automatizado".

Este marco resulta crucial para proteger los derechos de los estudiantes y salvaguardar la validez de los procesos evaluativos en STEM, alineándose con directrices internacionales (Miao et al., 2021). Finalmente, la recomendación (d) aboga por un Enfoque STEM Aumentado para el Pensamiento Crítico, orientando la IA hacia tareas de alto valor cognitivo, como la simulación avanzada y la resolución de problemas auténticos (Barton & Tan, 2010), en lugar de la simple automatización de procesos. Este enfoque garantiza que la IA impulse competencias de orden superior y consolide el enfoque STEM como una herramienta activa de Justicia Social.

Referencias

- Barkoczi, N., Maier, M., & Horvat-Marc, A. (2024). The impact of artificial intelligence on personalized learning in STEM education. In *INTED2024 Proceedings* (pp. 4980–4989). IATED. <https://doi.org/10.21125/inted.2024.1289>
- Barton, A., & Tan, E. (2010). We be burnin'! Agency, identity, and science learning. *Journal of the Learning Sciences*, 19(2), 187–229. <https://doi.org/10.1080/10508400903530044>
- Boateng, O., & Boateng, B. (2025). Algorithmic bias in educational systems: Examining the impact of AI-driven decision making in modern education. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 25(1), 2012–2017. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2025.25.1.0253>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Calabrese Barton, A. (2002). Urban science education studies: A commitment to equity, social justice and a sense of place. *Studies in Science Education*, 38(1), 1–37. <https://doi.org/10.1080/03057260208560186>
- Cheah, Y. H., & Kim, J. (2025). STEM teachers' perceptions, familiarity, and support needs for integrating generative artificial intelligence in K-12 education. *School Science and Mathematics*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/ssm.18334>
- Chen, H. (2024). The ethical challenges of educational artificial intelligence and coping measures: A discussion in the context of the 2024 World Digital Education Conference. *Science Insights Education Frontiers*, 20(2), 3263–3281. <https://doi.org/10.15354/sief.24.re339>
- Chen, X., Xie, H., Zou, D., & Hwang, G.-J. (2020). Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Computers and Education*:

- Artificial Intelligence*, 1, Article 100002. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100002>
- Fraser, N. (2008). La justicia social en la era de la globalización: Redistribución, reconocimiento y participación. *Distintas Latitudes. Revista de Trabajo*, 4(6), 83–99. https://www.bibliotecafragmentada.org/wp-content/uploads/2023/12/Fraser_justicia-social.pdf
- Harris, A., & Jones, M. (2023). Compassionate leadership. *School Leadership & Management*, 43(3), 185–188. <https://doi.org/10.1080/13632434.2023.2235540>
- Leithwood, K., & Sun, J. (2012). The nature and effects of transformational school leadership: A meta-analytic review of unpublished research. *Educational Administration Quarterly*, 48(3), 387–423. <https://doi.org/10.1177/0013161X11436268>
- Miao, F., Holmes, W., Huang, R., & Zhang, H. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/pcsp7350>
- Selwyn, N. (2024). On the limits of artificial intelligence (AI) in education. *Nordic Journal of Pedagogy and Critique*, 10, 3–14. <https://doi.org/10.23865/ntpk.v10.6062>
- Shields, C. M. (2017). *Transformative leadership in education: Equitable and socially just change in an uncertain and complex world* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315207148>
- Southgate, E. (2020). *Artificial intelligence, ethics, equity and higher education: A technical report*. National Centre for Student Equity in Higher Education, Curtin University.
- Spillane, J. P. (2005). Distributed leadership. *The Educational Forum*, 69(2), 143–150. <https://doi.org/10.1080/00131720508984678>
- Tate, W. F. (2001). Science education as a civil right: Urban schools and opportunity-to-learn considerations. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(9), 1015–1028. <https://doi.org/10.1002/tea.1045>
- Zhan, Z., & Niu, S. (2023). Subject integration and theme evolution of STEM education in research from preschool to secondary and higher education. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, Article 781. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02303-8>