



Reconfiguración del Aula de Química desde el Ágora Tecnoeducativa: Diagnóstico Sistémico de Tensiones Éticas ante la IA

Reconfiguration of the Chemistry Classroom from the Techno-educational Agora: Systemic Diagnosis of Ethical Tensions in the Face of AI

José Armando Herrera Robles ¹

¹ Doctor en Pensamiento Complejo, Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, docente,
Hermosillo, México. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0309-9400>. Email: jaherrerarobles@gmail.com

Recibido: Dia 13, Mes 04, Año 2026.

Aprobado: Dia 10, Mes 05, Año 2026.

Publicado: Dia 22, Mes 07, Año 2026.

Citación: Herrera-Robles, J. (2026). Reconfiguración del Aula de Química desde el Ágora Tecnoeducativa: Diagnóstico Sistémico de Tensiones Éticas ante la IA. *Revista Conocimiento, Investigación y Educación. CIE*, 2 (23), 1-8.

Resumen:

El artículo presenta los resultados de la primera fase de una investigación centrada en la disrupción de la inteligencia artificial generativa (IAGen) en el aula de química, entendida como un sistema complejo en estado de bifurcación crítica. El estudio se desarrolló en dos instituciones educativas distritales de Bogotá y analiza las tensiones éticas, cognitivas y de equidad que emergen en la relación entre estudiantes, docentes y tecnologías algorítmicas. El marco teórico integra pensamiento complejo, transdisciplinariedad, ética de la IA y fenomenología cuerpo-sujeto. La investigación implementa una ecología metodológica que articula Investigación-Acción Participativa e Investigación Basada en Diseño, incorporando las voces de 100 estudiantes de educación media y sus docentes. Los hallazgos evidencian una crisis de sentido pedagógico, reflejada en que el 93.7% de los estudiantes demanda prácticas innovadoras; una crisis ético-cognitiva, expresada en la diferencia entre la autopercepción crítica estudiantil y la valoración docente de sus capacidades analíticas; y una crisis de equidad digital, dado que solo el 25% dispone de conectividad constante. Asimismo, se integra evidencia neuroeducativa sobre la deuda cognitiva asociada al uso acrítico de la IA. El estudio concluye proponiendo la construcción de un Ágora Tecnoeducativa orientada al fortalecimiento de la agencia epistémica, la autonomía crítica y la formación de ciudadanía planetaria en contextos digitales inciertos.

Palabras clave: inteligencia artificial generativa, pensamiento complejo, agencia epistémica, educación química, ética digital.

Abstract:

This article presents the results of the first phase of a research project focused on the disruption caused by generative artificial intelligence (GAI) in the chemistry classroom, understood as a complex system in a state of critical bifurcation. The study was conducted in two public schools in Bogotá and analyzes the ethical, cognitive, and equity tensions that emerge in the relationship between students, teachers, and algorithmic technologies. The theoretical framework integrates complex thinking, transdisciplinarity, AI ethics, and body-subject phenomenology. The research implements a methodological ecology that articulates Participatory Action Research and Design-Based Research, incorporating the perspectives of 100 high school

students and their teachers. The findings reveal a crisis of pedagogical meaning, reflected in the fact that 93.7% of students demand innovative practices; and an ethical-cognitive crisis, expressed in the discrepancy between students' critical self-perception and teachers' assessment of their analytical abilities. and a digital equity crisis, given that only 25% have constant connectivity. Furthermore, neuroeducational evidence on cognitive debt associated with the uncritical use of AI is integrated. The study concludes by proposing the construction of a Techno-educational Agora aimed at strengthening epistemic agency, critical autonomy, and the formation of global citizenship in uncertain digital contexts.

Keywords: generative artificial intelligence, complex thinking, epistemic agency, chemical education, digital ethics.

1. INTRODUCCIÓN

La educación científica contemporánea se encuentra en un estado de bifurcación crítica, donde la irrupción de la Inteligencia Artificial Generativa (IAGen) choca de manera abrupta con estructuras pedagógicas estáticas e inerciales. Tradicionalmente, la enseñanza de las ciencias —y en este caso particular la química— ha operado bajo un paradigma de simplificación que privilegia los procesos de matematización. Esto amenaza con reducir la complejidad del fenómeno al ignorar el contexto del estudiante y sus motivaciones, desconociendo que el aula es un sistema vivo donde a diario se presentan múltiples interacciones; por ende, es un espacio abierto e incierto (Morin, 1999). Esta fragmentación despoja a la ciencia de su naturaleza sistémica y genera una fractura en la experiencia del estudiante, quien percibe el conocimiento como algo ajeno, estático y desvinculado de su existencia como "cuerpo-sujeto" (Merleau-Ponty, 1993).

La literatura internacional destaca el potencial de la IA para personalizar el aprendizaje (UNESCO, 2024), (Chen, 2025), (Salinas, 2023), (Cantú-Ortiz, Sánchez, Garrido, Terashima-Marín, & Breña, 2020), (Chiu, 2021), (Lee & Lee, 2021), (Xu, 2022) pero también advierte sobre los riesgos; entre ellos se destacan la "deuda cognitiva" y el debilitamiento de la integración semántica profunda (Kosmina, y otros, 2025).

Autores como Maldonado (2024) promueven un giro ontológico en la comprensión de la tecnología al plantear que la IA es más que una herramienta o instrumento al servicio de la humanidad (visión técnica), elevándola al estatus de vida artificial: el umbral de una nueva etapa en la evolución. Esta transición implica que la IA, más que un objeto inerte que espera ser operado, se asume —en palabras de (Gell-Mann, 1994)— como un sistema complejo adaptativo (SCA), dotado de dinámicas propias de aprendizaje, autoorganización y emergencia.

Bajo la mirada del pensamiento complejo, esta vida artificial introduce una incertidumbre creativa. Si la evolución biológica se basó en el error y la adaptación, la evolución digital a través de la IA acelera este proceso, convirtiéndose en un espejo de nuestra propia complejidad. Como plantea Maldonado, la ética de la IA no puede ser una lista de reglas estáticas, sino que debe ser una ética de la vida que reconozca la interacción entre dos formas de existencia: la biológica y la algorítmica.

En el contexto colombiano y en este caso el bogotano, esta crisis se expresa en tensiones a nivel institucional. Si bien el Ministerio de Educación Nacional (MEN) y la secretaria de educación distrital (SED Bogotá), promueven políticas hacia una transformación digital para

afrontar las disrupciones en la escuela de las nuevas tecnologías (IA), el reto va más allá de dotar a las instituciones con infraestructura y equipos.

Se requiere una evolución en la formación de competencias científicas, pues la evaluación nacional demanda procesos de indagación, uso comprensivo del conocimiento científico y explicación de fenómenos que hoy se ven amenazados por la "discrepancia prometeica" término acuñado por (Anders, 2011), donde nuestra capacidad técnica para generar contenido supera nuestra facultad moral para evaluarlo. Esta brecha erosiona la agencia humana, ya que el estudiante se ve atrapado en la eficiencia del algoritmo, lo cual afecta sus formas de hablar, pensar y actuar con autonomía epistémica (Chen, 2025).

El presente artículo se centra en analizar este "abismo de reflexividad" en entornos de educación pública, donde el diagnóstico sistémico realizado en dos instituciones educativas distritales (IED) —el colegio FPS y el colegio ALP de la ciudad de Bogotá— revela un escenario de bifurcación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La paradoja de la autopercepción crítica vs. la praxis del uso acríptico de la IA "el corte y pegue".

Uno de los resultados más impactantes es la disonancia cognitiva entre estudiantes y docentes. Mientras el 53.2% de los alumnos afirma poseer una capacidad alta para evaluar críticamente los contenidos generados por la IA, la realidad observada por los docentes es diametralmente opuesta.

Los educadores califican la competencia reflexiva de los estudiantes con un 1.5 sobre 5.0, describiendo las entregas como "conocimiento fantasmagórico": productos gramaticalmente correctos pero vacíos a nivel conceptual. Esta praxis se consolida en el fenómeno que coloquialmente denominan "de corte y pegue", donde el 82.3% de los estudiantes utiliza la IAGen principalmente para optimizar tiempos de entrega, sacrificando el proceso de traducción y apropiación del conocimiento. Esta transferencia algorítmica sin mediación cognitiva es lo que definimos como deuda cognitiva: un debilitamiento de la agencia humana ante la eficiencia de la máquina.

La crisis de sentido: Entre el agrado por la asignatura y la obsolescencia.

El pilotaje arroja un dato revelador sobre la salud emocional del sistema: el 81% de los estudiantes manifiesta un agrado general por la

química, lo que indica que el problema no radica en la disciplina científica, sino en su mediación didáctica. Existe una demanda latente de innovación: el 93.7% anhela una "experiencia encarnada" que involucre el uso de tecnologías disruptivas en contextos de resolución de problemas reales. No obstante, esta apertura choca con la discrepancia prometeica del cuerpo docente. Los profesores reportan una tensión ética constante; aunque reconocen el potencial de la IA, el 100% de los docentes entrevistados señala la ausencia total de protocolos institucionales y una sensación de obsolescencia ante un software que parece "enseñar" con mayor rapidez que la estructura inercial del aula.

La brecha digital como condicionante ontológico.

Finalmente, el diagnóstico revela una crisis de equidad que actúa como un atractor negativo en el sistema. Solo el 25% de los estudiantes cuenta con planes de datos o conexión wifi estable en sus hogares. Esto significa que para el 75% restante, la IA no es una herramienta de empoderamiento, sino un factor de exclusión que profundiza la desigualdad. En este contexto, el uso de la IA en el colegio se convierte en una carrera contra el tiempo y la conectividad, lo que incentiva aún más el uso acrítico y acelerado (el "corte y pegue") para cumplir con los requisitos académicos mínimos.

Ante la complejidad de este escenario, donde convergen crisis de sentido, brechas de equidad y nuevas formas de exclusión digital, la investigación demanda una arquitectura metodológica que no sea meramente observacional, sino recursiva y transformadora. Por ello, este estudio se fundamenta en una Ecología de Investigación-Diseño Transdisciplinar (EIDT). Este híbrido metodológico es posible y necesario porque articula la potencia transformadora de la Investigación-Acción Participativa (IAP) —centrada en las voces, resistencias y la realidad social de las IED— con el rigor propositivo de la Investigación Basada en Diseño (DBR).

La EIDT se despliega bajo un enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo), permitiendo una triangulación dialéctica entre la extensión estadística de la brecha y la profundidad fenomenológica de la experiencia docente. Esta hibridación permite que la investigación actúe como un "Tercero Incluido" (T) (Nicolescu, 1994), donde el diseño del Ágora Tecnoeducativa emerge no como una imposición externa, sino como una autoorganización del sistema aula. En las siguientes secciones, se detalla cómo esta metodología permitió a 100 estudiantes, sus docentes y directivos docentes, pasar del diagnóstico de la crisis a la reconfiguración de su propia agencia epistémica ante la incertidumbre del siglo XXI.

3. METODOLOGIA

La metodología de investigación se enmarca en un diseño denominado Ecología de Investigación-Diseño Transdisciplinar (EIDT) la cual se desarrolla bajo un enfoque mixto de triangulación concurrente (CUAL-CUAN). Este modelo híbrido se alimenta de la Investigación-Acción Participativa (IAP) y la Investigación Basada en Diseño (DBR), la IAP aporta la profundidad fenomenológica y la transformación social,

mientras que la DBR provee la estructura iterativa necesaria para el desarrollo de soluciones pedagógicas. Los cimientos del EIDT rompen con el modelo de investigación lineal y reduccionista. La complejidad exige una metodología recursiva y adaptativa, que se construye y deconstruye en función de los eventos y emergencias del sistema. La sinergia entre la IAP y la DBR hace que el investigador se convierta en un agente relacional inmerso en la comunidad, lo que autores como (Delgado & Sotolongo, 2006) denominan una epistemología de segundo orden. La EIDT es el producto de un diálogo de saberes, que vinculo autores como (Fals Borda, 1985), (Brown, 1992), (Edelson, 2002), (Delgado & Sotolongo, 2006), (Reason & Bradbury, 2008), (Wang & Hannafin, 2005), (Fishman, Penuel, Allen, Cheng, & Sabelli, 2013), (Kemmis & McTaggart, 2014), (Zapata & Rondán, 2016), (Delgado C. J., 2018).

Contexto y participantes: El estudio se llevó a cabo en dos IED de la ciudad de Bogotá: el Colegio FPS (Localidad 15) y el Colegio ALP (Localidad 4) seleccionadas por sus contextos de vulnerabilidad y brecha digital.

Para la fase 1, se diseñó una estrategia de muestreo dual que responde a la naturaleza mixta del estudio:

Para el nivel estudiantil (Extensión cuantitativa), se realizó un muestreo por conveniencia de 100 estudiantes de educación media (Ciclo 5, grados 10° y 11°) con edades comprendidas entre los 15 a 18 años. Este tamaño muestral permite identificar tendencias, patrones de comportamiento y la línea base de las percepciones sobre la química y la IA en el cuerpo estudiantil.

Para el nivel institucional (Profundidad cualitativa), la selección obedeció a un muestreo intencional no probabilístico de informantes clave, más que a criterios de representatividad estadística. Se seleccionaron 6 docentes de química (titulares de los cursos) y 4 directivos docentes (coordinadores académicos) con experiencias en el sector oficial de 12 a más de 20 años, esto con el fin de capturar la visión pedagógica y de gestión institucional ante la IA.

Desde la perspectiva del pensamiento complejo, estos 10 actores no son "unidades estadísticas", sino nodos del sistema. Bajo el principio hologramático (donde la parte contiene el todo), las narrativas y prácticas de estos líderes pedagógicos reflejan la cultura institucional, las tensiones de gobernanza y las resistencias sistémicas. Su participación permite una profundidad fenomenológica que un muestreo masivo superficial no lograría capturar, validando el estudio enfocado en la comprensión profunda de las dinámicas de poder y saber.

La fase 1 (Diagnóstico sistémico y exploración de saberes) se realizó a partir de tres actividades que permitieron capturar la multidimensionalidad del sistema aula de química:

1. Acercamiento, concertación ética y consensos institucionales: Antes de iniciar el proceso, se formalizaron los permisos pertinentes ante los consejos (académico y directivo) de cada IED, de esta manera, se garantizó el respaldo ético, la protección de los datos de los participantes, además, desde el pensamiento complejo, se generó un sentido de copropiedad a partir del diálogo entre las necesidades del contexto de cada IED y los objetivos de la investigación.

2. Configuración de la red de participantes y vínculos de confianza: En esta etapa, se convocó a docentes, directivos, estudiantes y padres o tutores legales, para socializar los objetivos, las fases de la investigación, el rol de los participantes; se explicaron y diligenciaron los consentimientos y asentimientos informados y se resolvieron las dudas pertinentes. De esta manera, los actores fueron reconocidos como coinvestigadores, un ejercicio que generó pertinencia y confianza en el proceso investigativo.

3. Inmersión y diálogo de saberes. El proceso de recolección de datos fue acorde con el enfoque mixto. Se diseñaron y aplicaron los siguientes instrumentos y técnicas de recolección de datos:

Encuesta de percepción sistémica: Cuestionarios mixtos tipo Likert con preguntas abiertas a docentes, directivos y estudiantes, con el ánimo de indagar sobre la experiencia de aula, el uso instrumental vs. crítico de la IA y las brechas de infraestructura. Su diseño espejo permitió identificar posteriormente las "brechas epistémicas".

Para garantizar la validez de constructo y la coherencia interna del diagnóstico, el diseño de estos instrumentos trascendió la recolección de opiniones aisladas. Se estructuró una arquitectura de correlación sistémica (ver Tabla 1), donde cada dimensión de análisis

(Pedagógica, tecnológica y contextual) fue interrogada simultáneamente desde las perspectivas de tres actores: estudiantes, docentes y directivos. Este diseño permitió que, durante la fase de análisis, cada ítem de autopercepción estudiantil tuviera su contraparte de validación en el juicio experto docente y la visión estratégica directiva.

Tabla 1. Relación de secciones e ítems de los instrumentos de percepción por actor.

Categoría de Análisis	Estudiantes (Ciclo 5) (Experiencia encarnada y Lebenswelt)	Docentes de química (Praxis pedagógica y didáctica)	Directivos Docentes (Visión estratégica y gestión)
I. Dimensión pedagógica: Sentido y conexión			
Motivación y Experiencia	"Me gusta asistir y participar de manera activa en la clase de química."	"Considero que mis estudiantes se interesan por la química."	"El nivel de apropiación... por parte del cuerpo docente es alto y está alineado con los objetivos."
Contextualización (Glocalidad)	"La química tiene una gran relación con mi cotidianidad, las problemáticas socioambientales..."	"Logro conectar con facilidad los contenidos... con el mundo de la vida de los estudiantes."	"En los últimos años, hemos implementado proyectos de innovación educativa..."
Demanda de Práctica	"Me gustaría que, en la clase de química, se realizaran más experimentos o actividades prácticas."	"La falta de recursos (materiales, laboratorios...) es un obstáculo significativo."	"El presupuesto asignado a la IED es un factor que limita... la capacidad de innovar."
II. Dimensión tecnológica: la IA un elemento disruptivo del sistema			
Uso instrumental	"He empleado alguna herramienta de IA generativa... para realizar mis tareas."	"He utilizado alguna herramienta de IA... para fines personales o profesionales."	"Utilizo la IA para optimizar mis tareas de gestión académica."
Oportunidad vs. riesgo	"Pienso que la IA tiene el potencial de asistir a los alumnos en el mejoramiento de su rendimiento."	"La Inteligencia Artificial representa una gran oportunidad para mejorar la educación."	"La IA representa una gran oportunidad para mejorar la calidad de los procesos."
Agencia epistémica (Reflexividad)	"Antes de utilizar un resultado de la IA... lo evalué críticamente."	"Mis estudiantes cuestionan y evalúan críticamente los resultados que obtienen."	"Mi principal preocupación... es el riesgo de caer en el facilismo o el 'copiar y pegar'."
Miedo a la sustitución / Rol	"En el futuro, podría ocurrir que la IA sustituya por completo las funciones de los docentes."	"La IA podría llegar a reemplazar la labor docente en el futuro."	"La IA tiene el potencial de reconfigurar positivamente el rol de la institución."
Necesidad de formación	(Ítem implícito en el deseo de uso creativo y optimización).	"Necesito más formación y apoyo para lograr integrar la IA de manera efectiva."	"Se ofrece formación y acompañamiento continuo... a los docentes."
Gobernanza y Ética	"Me preocupa la privacidad de la información al emplear inteligencia artificial."	"Al usar tecnologías de IA, me preocupa la privacidad de los datos."	"La institución cuenta con protocolos... o políticas claras sobre el uso ético de la IA."
III. Dimensión contextual: Equidad y brechas			
Acceso Material	"Mis compañeros de clase tienen acceso a internet y a dispositivos... para estudiar."	"Las desigualdades socioeconómicas... impactan su acceso a recursos tecnológicos."	"Las desigualdades socioeconómicas... de la localidad impactan de manera crítica el acceso."
Potencial de Equidad	"La tecnología tiene el potencial de ayudar a que los estudiantes, sin importar su nivel... tengan mejor educación."	"La incorporación de la IA en el aula, podría ayudar a reducir la brecha educativa."	"Es una necesidad urgente que la IED se apropie de la IA para que sus beneficios lleguen a toda la comunidad."

Nota: Elaboración Propia (2026)

Entrevistas semiestructuradas: Aplicadas a docentes - directivos y grupos focales (6-8 estudiantes), con el fin de explorar metodologías de enseñanza, percepciones sobre la química, experiencias previas con IAGen, expectativas y usos cotidianos de la tecnología.

Observación no participante y diario de campo: Se realizaron 3 sesiones de observación por IED para registrar las dinámicas de aula preexistentes y la infraestructura tecnológica real (conectividad y dispositivos).

Análisis documental: Se revisaron los Proyectos Educativos Institucionales (PEI), manuales de convivencia, sistemas de evaluación, mallas curriculares, planes de área de ciencias naturales y resultados históricos de pruebas SABER 11, contextualizando el rendimiento académico y el marco curricular de base.

4. Sistematización y análisis del sistema aula de química.

Los datos cuantitativos y cualitativos fueron procesados de manera diferenciada para, luego, integrarse en una triangulación sistémica.

El procesamiento de datos trascendió la descripción técnica para consolidarse en una hermenéutica de la complejidad. Desde el nivel cuantitativo, se realizó un análisis estadístico descriptivo (frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central), que permitió establecer la línea base de percepciones y brechas digitales. Desde el nivel cualitativo: se realizaron las transcripciones de entrevistas y grupos focales, luego fueron sometidas a un proceso de codificación abierta y axial. Esto permitió la emergencia de categorías vivas como IA-RIESGO (miedo al facilismo), QUIM-CONTEXT (anhelo de práctica) y DESIG-TEC (impacto de la desigualdad).

Finalmente se llegó al proceso de triangulación sistémica, para ello, se cruzaron los hallazgos cuantitativos con las narrativas cualitativas y la evidencia documental. Esta triangulación dialéctica permitió identificar las bifurcaciones del sistema, revelando tensiones críticas como la "Deuda cognitiva" y la contradicción entre la visión estratégica de la IA y la obsolescencia de la infraestructura.

Desde el pensamiento complejo, esta triangulación se entendió como un proceso recursivo, donde lo cuantitativo dimensionó el problema y lo cualitativo le otorgó sentido, confirmando que el aula se encuentra en un estado de bifurcación crítica. La triangulación revela las bifurcaciones del sistema, cómo las tensiones entre el deseo de innovación (pedagógicas y tecnológicas) y la realidad inercial del aula son propiedades emergentes que justifican la reconfiguración del aula como sistema reflexivo desde el ágora tecnoeducativa.

4. RESULTADOS y DISCUSIÓN

El diagnóstico del sistema aula de química en las IED FPS y ALP de la ciudad de Bogotá, trasciende la descripción estadística lineal para adentrarse en una hermenéutica de la complejidad. Bajo la arquitectura de la Ecología de Investigación-Diseño Transdisciplinar (EIDT), se triangulaban las tendencias cuantitativas de 100 estudiantes de ciclo 5 (grados 10° y 11°) con la profundidad fenomenológica de 6 docentes y 4 directivos docentes (coordinadores académicos).

El análisis revela un sistema en estado de bifurcación crítica, atrapado entre la inercia de modelos pedagógicos tradicionales, la desigualdad estructural y la disrupción de la Inteligencia Artificial (IA) como un "Tercero Incluido" (T) en el aula.

Dimensión pedagógica: El grito del "cuerpo-sujeto" ante la abstracción

El primer hallazgo es la fractura entre el currículo y el Lebenswelt (mundo de la vida) del estudiante. Como se evidencia en la Tabla 2, si bien la IA es un actor consolidado, la demanda principal del sistema más que tecnológica, es experiencial.

Tabla 2. Línea base de percepciones estudiantiles: Tensiones entre el deseo pedagógico y la apropiación tecnológica.

Dimensión de Análisis	Ítem Evaluado	Media (x) (1-5)	% Acuerdo (4 y 5)	Interpretación Sistémica
Demanda de sentido (Lebenswelt)	Me gustaría que se realizaran más experimentos o actividades prácticas.	4.63	93.7%	Corresponde a un punto de inflexión, el consenso es casi absoluto. El sistema rechaza la abstracción teórica y reclama una "experiencia encarnada".
	Me gusta asistir y participar de manera activa en la clase.	4.11	81.0%	Existe motivación intrínseca; el bloqueo no es disciplinar, sino metodológico.
Apropiación tecnológica	He empleado alguna herramienta de IA generativa para mis tareas escolares.	4.21	82.3%	La IA ya es un actor consolidado en el ecosistema.
	El uso principal que le doy a la IA es la ejecución de tareas o consultas.	3.98	74.7%	Se evidencia un uso instrumental (acrítico), predomina el utilitarismo sobre la creatividad o la indagación profunda.
Incertidumbre y Riesgo	En el futuro, la IA podría sustituir por completo las funciones del docente.	3.43	48.1%	Existe una polarización e incertidumbre sobre el rol humano en el futuro educativo.

Nota: Elaboración Propia (2026)

El dato estadístico (93.7% de anhelo práctico) cobra sentido al escuchar las voces de la resistencia estudiantil. En los grupos focales, los estudiantes encuentran aburridas las clases, existe una fuerte tensión de contenidos la cual denuncian con el término la "pedagogía de la inmovilidad":

"Las clases se vuelven aburridas cuando es solo copiar del tablero... a veces uno no entiende para qué sirven tantos ejercicios... parece que los temas de la clase solo son para la clase y para responder el quiz"; "hay profes que solo dejan guías, ni explican"; "sería mejor que las clases tuvieran más prácticas o experimentos"; "en química uno entiende más cuando ve cómo reacciona algo"; "es aburrido cuando el tablero está lleno de ejercicios" "a veces los informes de laboratorio son muy tediosos" ya que los estudiantes, esto se evidencia en comentarios como los siguientes:

Frente a la abstracción de la fórmula, emerge el deseo del cuerpo-sujeto por habitar el conocimiento de manera transdisciplinar y glocal, los estudiantes disfrutan el trabajo en equipo y los momentos en que logran relacionar los conceptos de la química con sus vidas, en los comentarios de estudiantes y docentes emerge la necesidad de religar el conocimiento, alineada con la visión del pensamiento complejo, desafiando la fragmentación curricular tradicional:

"Lo que me gusta es cuando el profe explica relacionando lo que está en el libro con algo que todos hayamos vivido"; "Pues perfectamente de un tema que se está viendo en sociales, uno podría sacar un reto de química porque la química no está tan alejada"; "es posible dialogar entre la

química y otras disciplinas para abordar problemas complejos"; "Estamos relacionando la química con lo que comemos, la nutrición, lo que usamos día a día como la higiene, los jabones, los champús, la pasta de dientes"; "Me gusta cuando la química se relaciona con la cocina o con la contaminación... elaborar cocteles sin licor o hamburguesas en clase"; "En el proyecto síntesis de química, estamos realizando un prototipo de un carro a base de paneles solares.". "Hay docentes que quieren romper con esas formas tradicionales y transformar la escuela... con el tema de la aula viva, STEM, lectura crítica."

Triangulación sistémica: Convergencias y divergencias institucionales

La complejidad del sistema se hace visible al contrastar las perspectivas de los tres actores clave. La Tabla 3 actúa como una matriz hologramática que expone las tensiones dialógicas: lo que la gestión planea, lo que el docente ejecuta y lo que el estudiante vive.

Tabla 3. Matriz de triangulación sistémica: Convergencias y divergencias de percepción por actor.

Categoría de tensión	Estudiantes (Vivencia)	Docentes de química (Praxis)	Directivos docentes (Gestión)
Gobernanza de la IA	"Me preocupa la privacidad de la información al emplear IA" (Media 3.68).	"Al usar IA, me preocupa la privacidad de los datos" (Media 4.5).	"La institución cuenta con protocolos claros sobre el uso ético de la IA" (Media 1.0 - Inexistente).
Infraestructura y equidad	"Mis compañeros tienen acceso a internet/dispositivos" (Media 3.60 - Brecha visible).	"La falta de recursos es un obstáculo significativo" (Media 4.5).	"La infraestructura tecnológica es adecuada para las necesidades actuales" (Media 1.5 - Desacuerdo crítico).
Resistencia al Cambio	(Se infiere del deseo de innovación).	"Me siento cómodo explorando nuevas herramientas tecnológicas" (Media 3.0 - Ambivalencia).	"La resistencia al cambio por parte de algunos docentes es un desafío significativo" (Media 5.0 - Máxima).
Necesidad de Formación	(Implícito en el uso instrumental).	"Necesito más formación y apoyo para integrar la IA" (Media 5.0).	"Se ofrece formación continua y pertinente a los docentes" (Media 2.0 - Brecha de gestión).

Nota: Elaboración Propia (2026)

Esta triangulación desnuda una crisis de gobernanza. Mientras los directivos reconocen la IA como oportunidad estratégica (Media 5.0), admiten la inexistencia de protocolos (Media 1.0). Los coordinadores de ambas IED lo confirman: "Estamos en mora de generar todo un proceso curricular y convivencial sobre el uso de la IA".

Existe una emergencia del aula ideal, donde la IA es vista como una suerte de catalizador para lograr esta transformación, los estudiantes anhelan espacios con laboratorios, computadores, acceso a herramientas IA versiones PRO, pantallas táctiles y metodologías que permitan retos y co-creación. En palabras de uno de los directivos, "el aula de química debería tener implementos modernos, reactivos, acceso a información, conexión con IA, y que los estudiantes puedan trabajar por proyectos.", un aula donde los estudiantes sean los protagonistas de la clase "haciendo experimentos y planteando preguntas", aprender haciendo, con juegos, retos", no con el "profesor llenando el tablero.

El abismo de reflexividad: La deuda cognitiva

La tensión más crítica emerge en la dimensión ético-cognitiva. Existe una disonancia profunda entre la autopercepción del estudiante y la evaluación del docente, evidenciada en la Tabla 4.

Tabla 4. El abismo de reflexividad.

Variable de análisis (Agencia epistémica)	Autopercepción estudiantil (Media / %)	Evaluación docente de la praxis (Puntaje 1-5)	Brecha epistémica
Evaluación crítica	3.54 (53.2% afirma evaluar críticamente).	1.5 (Praxis observada).	Ilusión de competencia: El estudiante cree ser crítico; el docente observa aceptación pasiva.
Uso creativo	3.71 (62.0% afirma ser creativo).	1.5 (Praxis observada).	Homogeneidad: El docente percibe "corte y pegue" donde el estudiante ve "novedad".
Uso instrumental	3.98 (Alto uso para tareas).	4.5 (Confirmación de uso).	Convergencia utilitaria: Consenso en que la IA opera hoy como "servidor de respuestas".

Nota: Elaboración Propia (2026)

Esta brecha confirma la consolidación de la deuda cognitiva. Los docentes describen un fenómeno de "conocimiento fantasmagórico": entregas perfectas en forma, pero vacías en fondo.

El miedo al confort y disminución de la autocrítica, es alimentado por la dependencia y el facilismo en el aula, en este punto, tanto estudiantes como docentes, entienden que el uso de las herramientas basadas en IA "si son mal encaminadas, vuelven a las personas un poco sosas y dependientes". Este miedo se fundamenta y a la vez valida en los grupos focales, los participantes afirman que muchos estudiantes utilizan la IA principalmente para la ejecución o elaboración de tareas y consultas, de hecho, creen que "nos quita el pensamiento crítico, o sea, que uno se vuelve dependiente porque solo copia y eso no sirve porque no se aprende".

Sin embargo, la EIDT capturó emergencias de agencia epistémica. Algunos estudiantes ya intuyen que la IA no es un oráculo, sino un interlocutor falible al que hay que desafiar, en palabras de un estudiante del colegio ALP "evaluar a la IA, ponerle un reto y ver si se equivoca".

De esta manera, el miedo, se convierte en una oportunidad para ir más allá del uso instrumental de la IA, para alcanzar niveles críticos, éticos y de co-creación reflexiva. Debemos lograr que el estudiante rete a la IA, la ponga "en tela de juicio", reconozca sus errores y sesgos, transformándose de usuario pasivo a evaluador de la propia tecnología, en palabras de un docente del colegio FPS, "aprender a usarla bien, no solo copiar", para lograr esto, los docentes requieren capacitación constante, enseñar a los estudiantes a "usar la IA, pero también a cuestionarla", "a pensar críticamente, a verificar la información que les da", el docente debe "guiar para que no crean todo lo que leen". Estas palabras sugieren adoptar en el aula, acciones que privilegien la alfabetización, mediática informacional (MIL)

Otro aspecto importante es la falta de protocolos claros sobre cómo manejar éticamente la IA a nivel curricular y convivencial. docentes y directivos, reconocen la necesidad de "generar procesos institucionales" que controlen el uso responsable de la IA. Uno de los docentes se cuestiona sobre "¿Seremos nosotros los que terminemos siendo instrumentalizados por la IA o simplemente terminaremos siendo dependientes de ellas?". Esta tensión es el resultado de un movimiento dialógico entre orden y desorden; la IA perturba el aula, pero a la vez permite un espacio para la autocrítica,

la nueva formación del yo y la emergencia de nuevos tipos de agencia humana y cognitiva.

Dimensión contextual: La desigualdad como barrera ontológica

Finalmente, la estadística de la brecha digital (solo el 25% con conectividad estable) cobra un rostro humano en las voces de los actores, revelando que la desigualdad es una barrera ontológica para la innovación.

Los directivos ofrecen un testimonio lapidario sobre la obsolescencia material:

"Son computadores que no tienen más de cien gigas... y no tienen ni siquiera dos de RAM. O sea, son unas cosas que uno dice: ¿cómo pueden aprender a hacer cosas totalmente diferentes?".

Esta precariedad se vive en los hogares como una carrera angustiante contra la desconexión:

"En mi casa solo hay un celular y es de mi mamá, toca esperar a que llegue... Hay compañeros que no tienen celular o no les sirven los datos".

Los hallazgos confirman que, bajo estas condiciones, la IA corre el riesgo de convertirse en "una nueva cara de la exclusión", donde los estudiantes del sector oficial quedan "rezagados frente a otras instituciones porque no tienen acceso a información de primera fuente". La reconfiguración del sistema hacia el Ágora Tecnoeducativa no es, por tanto, un lujo tecnológico, sino un imperativo de justicia social para democratizar la inteligencia crítica.

5. CONCLUSIONES

De la caja negra a la ciudadanía planetaria

El diagnóstico sistémico realizado en las dos IED confirma que el aula de química opera actualmente como un sistema entrópico. La energía del sistema —la curiosidad natural de los estudiantes y la potencia disruptiva de la tecnología— se disipa debido a estructuras pedagógicas inerciales que fragmentan el saber. La evidencia es contundente: el 93.7% de los estudiantes reclama una experiencia encarnada que vincule la química con su Lebenswelt (mundo de la vida), rechazando la abstracción descontextualizada. El sistema se encuentra en una bifurcación crítica: o evoluciona hacia una nueva organización reflexiva, o se degrada hacia la irrelevancia, donde el estudiante se resigna a "copiar indiscriminadamente".

La investigación revela que la IA no es una simple herramienta, sino que, siguiendo a Maldonado, se manifiesta como una forma de Vida Artificial (VA): sistemas autónomos, evolutivos y opacos que operan bajo una lógica bottom-up (de abajo hacia arriba). Esta naturaleza de "Caja Negra" genera una paradoja en el aula:

- Por un lado, actúa como un instrumento de eficiencia para el 82.3% de los estudiantes.
- Por otro, fomenta una deuda cognitiva alarmante, evidenciada en la brecha entre la autopercepción crítica del estudiante y la evaluación docente (1.5/5.0).

Frente a esto, concluimos que la IA debe integrarse bajo la lógica transdisciplinar del Tercero Incluido (T). La "alucinación" y el error de la máquina no son defectos a ocultar, sino la oportunidad pedagógica

por excelencia: al fallar, la IA obliga al sujeto humano a salir de la pasividad, verificar la verdad y ejercer su juicio ético.

La reconfiguración del sistema exige plantear una pregunta disruptiva: ¿Quién enseña a quién? ¿El estudiante a la IA o la IA al estudiante? El modelo inercial ha permitido que la IA se consolide como un oráculo que "dicta respuestas", afectando el desarrollo de pensamiento crítico. El Ágora Tecnoeducativa propone invertir esta relación: el estudiante debe asumir el rol de "maestro" de la máquina, aprendiendo a formular prompts estructurados, a reconocer y corregir los sesgos del algoritmo y la veracidad de los datos. Si el estudiante logra "enseñar" a la IA y cuestionar su autoridad, demuestra que ha comprendido verdaderamente la química y ha recuperado su agencia epistémica.

Es imposible hablar de innovación sin abordar la justicia social. Los hallazgos sobre la infraestructura (equipos obsoletos y solo un 25% de conectividad estable en los hogares) alertan sobre el peligro de una segregación algorítmica. Si el modelo educativo no se cimienta en políticas de acceso equitativo, la IA servirá para potenciar a las élites cognitivas mientras condena a los sectores vulnerables a ser meros consumidores de datos procesados. La reconfiguración del aula es, por tanto, un acto político de resistencia contra la exclusión y una apuesta por la Justicia Cognitiva.

Dicha reconfiguración requiere asumir la inteligencia artificial (IA) como un "tercero incluido", un concepto fundamental de la transdisciplinariedad que articula polos contradictorios. Este actor no humano es un agente de mediación que articula las tensiones que se generan entre el ser humano y la tecnología, generando "caos, incertidumbre, organización, reflexividad, diálogo y creatividad". El desafío es técnico, ético, de agencia humana y epistémica, evitar la instrumentalización acrítica y transformar la IA en un agente mediador capaz de generar "conflicto crítico" donde el estudiante pueda "ejercer su juicio crítico".

Los estudiantes ya manifiestan esta demanda de agencia epistémica al desear "retar a la IA" y "evaluarla, ponerle un reto y ver si se equivoca", pasando de ser usuarios pasivos a evaluadores de la propia tecnología.

Finalmente, esta investigación responde al llamado de la (UNESCO, 2021), (UNESCO, 2024), por una ciudadanía digital, al respecto subraya que el rol educativo, no solo es adaptar a los estudiantes, sino "empoderar a los jóvenes para ayudarlos a co-crear futuros sostenibles" y reequilibrar sus relaciones "no solo con los demás, sino también con la tecnología y el medio ambiente". Este imperativo ético, enmarcado en los ideales de la inteligencia colectiva que promueve la cibercultura, se materializa en el ágora tecnoeducativa, un espacio donde se religa el saber y la química, un camino que permite reconocer que "entender las reacciones moleculares es también entender el cambio climático, la ética de los datos y la huella ecológica de los servidores".

Este es el mandato social y ético que surge del diagnóstico, garantizar la equidad y asegurar que la IA, con su "gran potencial", fortalezca la autonomía humana y la reflexividad. Los docentes son conscientes de que la IA "esta presente en el aula y no se va a ir" y que se necesita "mucha capacitación tanto para docentes como estudiantes con el fin de ser más competentes en el uso de IA".

La ruta de este viaje está trazada, en ella se debe aceptar la incertidumbre, fomentar el diálogo de saberes y transformar el riesgo de la dependencia en la posibilidad de la co-creación. Así a lo largo del recorrido será posible transformar la crisis en acción y reconfigurar el aula de química en un sistema reflexivo desde el ágora educativa. En la era de la IAGen, la competencia Educar en química hoy es, ante todo, formar sujetos capaces de habitar la complejidad, conscientes de que su interacción con la tecnología y la naturaleza define la sostenibilidad de la vida en el planeta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anders, G. (2011). *La obsolescencia del hombre. Sobre el alma en la época de la segunda revolución industrial*. (Vol. 1). (J. M. Pérez, Trad.) Valencia: Pre-textos.

Cantú-Ortiz, F. J., Sánchez, N. G., Garrido, L., Terashima-Marín, H., & Breña, R. F. An artificial intelligence educational strategy for the digital transformation. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*(14), 1195 - 1209. doi:<https://doi.org/10.1007/s12008-020-00702-8>

Chen, B. (abril de 2025). *Beyond Tools: Generative AI as Epistemic Infrastructure in Education*. University of Pennsylvania, 1-23. doi:[10.48550/arXiv.2504.06928](https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.06928)

Chiu, W.-K. (2021). Pedagogy of emerging technologies in chemical education during the era of digitalization and artificial intelligence: A systematic review. *Education science*, 11(709), 1-24. doi:<https://doi.org/10.3390/educsci11110709>

Delgado, C. J. (2018). *Investigar desde el pensamiento complejo*. México: UMEM. Multiversidad Mundo Real Edgar Morin.

Delgado, C., & Sotolongo, P. L. (2006). *La revolución contemporánea del saber y la complejidad social: Hacia unas ciencias sociales de nuevo tipo*. Buenos Aires: Campus Virtual. CLACSO.

DeLuca, C., Shulha, J., Luhanga, U., Shulha, L., Christou, T., & Klinger, D. (2014). Collaborative inquiry as a professional learning structure for educators: a scoping review. *Professional Development in Education*, 41(4), 640-670. doi:<https://doi.org/10.1080/19415257.2014.933120>

Edelson, D. (2002). Design Research: What We Learn When Engage in Design. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105-121. doi:[10.1207/S15327809JLS1101_4](https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1101_4)

Fals Borda, O. (1985). *Conocimiento y poder popular*. Bogotá: Siglo XXI editores.

- Fishman, B., Penuel, W., Allen, A.-R., Cheng, B., & Sabelli, N. (2013). Design-Based Implementation Research: An Emerging Model for Transforming the Relationship of Research and Practice. *National Society for the Study of Education*, 112(2), 136 - 156. doi:<https://doi.org/10.1177/016146811311501415>
- Gell-Mann, M. (1994). El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo. Barcelona: Tusquets.
- Guaman, R. (2025). Ética e integridad académica en el uso de la inteligencia artificial generativa en la educación superior. *G-nerando*, 6(1), 1-18. doi:<https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i1.392>
- ICFES. (2024). Guía de orientación prueba S
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (2014). The Action Research Planner. Doing Critical Participatory Action Research. Singapore: Springer.
- Kosmina, N., Hauptmann, E., Ye Yuan, J. S., Liao, X.-H., Beresnitzky, A., & Iris Braunstein, P. M. (8 de Diciembre de 2025). Your Brain on ChatGPT: Accumulation of cognitive debt when using an AI assistant for essay writing task. Obtenido de ArXiv: <https://arxiv.org/abs/2506.08872>
- Lee, H. S., & Lee, J. (2021). Applying Artificial Intelligence in Physical Education and Future Perspectives. *Sustainability*, 13(351), 1-16. doi:<https://doi.org/10.3390/su13010351>
- M.E.N. (2004). Estándares básicos en competencia en ciencias naturales y ciencias sociales. Bogotá: M.E.N.
- M.E.N. . (1998). Lineamientos curriculares en ciencias naturales. Bogotá: Documentos MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL DE COLOMBIA M.E.N.
- Maldonado, C. (2024). Inteligencia artificial y ética. Bogotá: Desde abajo.
- Mallart, J. (2009). Didáctica: perspectivas, teorías y modelos. En A. y. Medina Rivilla, Didáctica: formación básica para profesionales de la educación (págs. 29 - 74). Madrid : Universitat.
- Mattila, P., & Silander, P. (2015). How to create the school of the future – Revolutionary thinking and design from Finland. Oulu: European Social Fund (ESF).
- McKenney, S., & Reeves, T. (2014). Chapter 9: Educational Design Research. En M. Spector, D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop, Handbook of research on educational communications and technology: Fourth edition (págs. 131-140). doi:10.1007/978-1-4614-3185-5
- Merleau-Ponty, M. (1993). Fenomenología de la percepción. (J. Cabanes, Trad.) Barcelona: Planeta De Agostini S.A.
- Morin, E. (1984). Ciencia con conciencia (Primera edición ed.). Barcelona, España: Anthropos.
- Morin, E. (1999). Introducción al pensamiento complejo. Buenos Aires, Argentina: Gedisa.
- Nicolescu, B. (1994). La transdisciplinariedad manifiesto. (N. Núñez-Dentin, & G. Dentin, Trans.) París: Du Rocher.
- Reason, P., & Bradbury, H. (2008). The SAGE Handbook of Action Research (2 ed.). London: Sage.
- Salinas, R. (2023). Aplicación de la IA a la enseñanza de física y química. Murcia: Universidad Católica de Murcia.
- Symeonidis, V., & Schwarz, J. F. (2016). Phenomenon-Based Teaching and Learning through the Pedagogical Lenses of Phenomenology: The Recent Curriculum Reform in Finland. *Forum Oświatowe*(28(2)), 31–47.
- UNESCO. (2021). Inteligencia artificial y educación. Guía para las personas a cargo de formular políticas. París: UNESCO.
- UNESCO. (2024). AI competency framework for students. París: UNESCO.
- UNESCO. (2024). AI competency framework for teachers. París: UNESCO.
- UNESCO. (2024). Guía para el uso de IA generativa en educación e investigación. París: UNESCO.
- UNESCO. (jueves 30 de Octubre de 2025). UNESCO. Obtenido de Alfabetización Mediática e Informacional: <https://www.unesco.org/es/media-information-literacy#>
- Wang, F., & Hannafin, M. (2005). Using Design-based Research in Design and Research of Technology Enhanced Learning Environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
- Xu, W. &. (2022). The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM education*. doi:<https://doi.org/10.1186/s40594-022-00377-5>
- Zapata, F., & Rondán, V. (2016). LA INVESTIGACIÓN - ACCIÓN PARTICIPATIVA. Guía conceptual y metodológica. Lima: Instituto de Montaña.