



La pedagogía del error: perspectivas innovadoras, inteligencia artificial y reflexividad en la educación y en el aprendizaje

Giuseppe Valentino

Universidad de Nápoles “Federico II”

1. Introducción

En la educación tradicional, el error se ha visto como un obstáculo que hay que evitar, a menudo acompañado de una evaluación negativa y una sensación de fracaso en los alumnos. Autores como John Dewey y David Kolb sentaron las bases epistemológicas, a través de un enfoque pragmatista, para entender los procesos de aprendizaje. Nos ofrecen una visión más clara de cómo, en la construcción del conocimiento sobre sí mismos, el mundo y sus propias capacidades, los seres humanos se enfrentan constantemente al error, que es percibido como una "parada" o un "fracaso" en su trabajo. Esto se considera innecesario y, en lugar de estimular el crecimiento y la toma de conciencia, se ve como un bloqueo en los procesos de pensamiento y acción. Afortunadamente, en las últimas décadas, numerosas investigaciones pedagógicas y neurocientíficas han puesto de relieve el papel positivo que puede desempeñar el error en el proceso de aprendizaje. Schraw y Moshman, en su trabajo sobre teorías metacognitivas (1995), afirman que el error no sólo contribuye a la construcción del conocimiento, sino que también estimula la competencia metacognitiva. Esto anima a los alumnos a reflexionar sobre sus propios procesos de pensamiento y a desarrollar estrategias de resolución de problemas más eficaces, fomentando la autonomía, la conciencia y la autorregulación en el aprendizaje. De este modo, encaja en el marco pedagógico deweyano más amplio de la reflexividad en los procesos educativos. Hattie y Timperley, en su estudio *The Power of Feedback* (2007), señalan que la retroalimentación es uno de los principales factores que influyen en el aprendizaje y en el éxito personal y educativo, tanto positiva como negativamente. Históricamente, los sistemas educativos, incluidas las instituciones educativas, han considerado el error como un signo de fracaso, a menudo castigado con bajas calificaciones, lo que ha repercutido negativamente en la motivación de los estudiantes. Sin embargo, Carol Dweck (2006) demuestra que la forma en que los alumnos interpretan el error influye profundamente en su capacidad para aprender y progresar.

A escala internacional, diversos sistemas educativos han adoptado enfoques innovadores para integrar el error en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En Finlandia, por ejemplo, el error se considera una parte natural del crecimiento intelectual y las evaluaciones formativas se diseñan para apoyar la mejora continua de los alumnos, en lugar de castigar los errores. Pasi Sahlberg escribe en *Finish Lessons 3.0* (2021) que en el sistema educativo finlandés el error se considera un elemento fundamental del crecimiento intelectual y del aprendizaje. El modelo educativo finlandés se basa en un enfoque que hace hincapié en la confianza en alumnos y profesores y evita la excesiva estandarización y la evaluación mediante exámenes. Según el autor, la educación en Finlandia está orientada al desarrollo de conocimientos y habilidades a través de una cultura de aprendizaje que valora la resolución de problemas, la creatividad y la autonomía. El sistema escolar



no se centra en la simple memorización y el rendimiento en los exámenes, sino en la capacidad de aprender de forma reflexiva y colaborativa. La confianza en las capacidades de cada alumno y la ausencia de penalización del error crean un entorno en el que equivocarse no se ve como un fracaso, sino como una oportunidad de crecimiento. En Japón, el enfoque conocido como "Lesson Study" fomenta el análisis colectivo de los errores por parte de alumnos y profesores, promoviendo una reflexión profunda y participativa sobre las estrategias de aprendizaje. Jennifer Lewis (2013) documenta el proceso de aprendizaje docente a través de esta metodología, aplicada al estudio de caso de Noether en Estados Unidos, una iniciativa apoyada por la National Science Foundation para mejorar la enseñanza de las matemáticas en un distrito escolar con estudiantes de bajos ingresos y un porcentaje significativo de hablantes no nativos de inglés. Uno de los aspectos más significativos del Lesson Study es su capacidad para fomentar el propio aprendizaje y la reflexión de los profesores a través del diseño y la revisión de las lecciones, lo que les permite desarrollar una comprensión más profunda de los conceptos matemáticos y estrategias pedagógicas más eficaces, que luego pueden transmitir de forma crítica a los alumnos. En Francia, la pedagogía del error se inscribe en un marco teórico profundamente influenciado por el constructivismo de Jean Piaget. La concepción fundamental es que el aprendizaje no es un proceso lineal, sino un camino hecho de ensayo, error y éxito. El error, en esta perspectiva, es inevitable y necesario: una señal de que el proceso de aprendizaje está en marcha. Según J.P. Astolfi, autor del célebre *L'erreur, un outil pour enseigner* (1997), el error debe acogerse como una oportunidad para comprender cómo razonan los alumnos y cómo construyen su conocimiento. No es un obstáculo, sino una ventana abierta a sus procesos mentales». Se anima a los profesores de francés a utilizar el error como herramienta de diagnóstico para analizar las dificultades de los alumnos y ayudarles a superarlas. Sin embargo, este enfoque no se limita a la corrección: el verdadero objetivo es guiar a los alumnos hacia una comprensión más profunda de sus acciones y decisiones. Un ejemplo práctico de esta filosofía es el uso de los llamados «diarios de errores», en los que los alumnos anotan sus equivocaciones, reflexionan sobre las causas e intentan identificar estrategias alternativas. Esta herramienta no sólo estimula la conciencia metacognitiva, sino que también fomenta la responsabilidad personal sobre el propio aprendizaje. La metacognición se convierte así en el corazón palpitante de este enfoque: ayudar a los alumnos a pensar como piensan, convirtiendo el error en una lección duradera. El aspecto dialógico es igualmente fundamental. Durante las clases, los profesores suelen dedicar un espacio a discutir los errores, animando a los alumnos a explicar sus razonamientos. Este diálogo abierto y colaborativo contribuye a crear un entorno en el que el error no es fuente de vergüenza, sino de crecimiento. De este modo, el error se convierte en una herramienta colectiva, capaz de enriquecer no sólo al individuo que lo cometió, sino a todo el grupo.

En Alemania, el enfoque del error se desarrolla de forma diferente, haciendo hincapié en la aplicación práctica y el aprendizaje experimental. En un contexto educativo que hace mucho hincapié en las disciplinas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), el error se trata como una parte natural y constructiva del proceso de resolución de problemas. Un elemento distintivo del modelo alemán es el uso de simulaciones digitales. Según Meyer y Schubert (2020), las simulaciones ofrecen un entorno seguro en el que los alumnos pueden experimentar libremente sin temor a consecuencias negativas. En estos espacios virtuales, los errores no sólo se aceptan, sino que se convierten en parte integrante del aprendizaje: una oportunidad para probar hipótesis, modificar estrategias y llegar a soluciones más eficaces. Por ejemplo, en los cursos de ingeniería, los estudiantes trabajan en proyectos que simulan escenarios del mundo real, como el diseño de un puente o la resolución de problemas energéticos. Los errores cometidos durante estas actividades no se consideran fracasos, sino pasos en un proceso de mejora continua. Este enfoque fomenta el desarrollo de una mentalidad resiliente, crucial para afrontar los retos de la vida profesional, donde el error es a menudo un compañero inevitable.

De hecho, la resiliencia es uno de los principales objetivos del modelo alemán. Acostumbrar a los estudiantes a gestionar los errores en un contexto estructurado los prepara para responder de forma



creativa y flexible a las dificultades que encontrarán en su camino. No se trata sólo de resolver problemas, sino también de aprender a trabajar bajo presión, a adaptarse a nuevas situaciones y a ver los errores como parte de un proceso de innovación. Otro aspecto clave es la colaboración. Los proyectos en grupo son el terreno ideal para afrontar los errores de forma colectiva, fomentando el aprendizaje entre iguales. En estos contextos, los estudiantes comparten sus puntos de vista, discuten las dificultades que encuentran y encuentran soluciones juntos. Este tipo de aprendizaje no sólo mejora las competencias técnicas, sino que también refuerza habilidades sociales como la comunicación y el liderazgo. El crecimiento de la innovación tecnológica ha acentuado aún más la importancia del error, especialmente en ámbitos en los que la experimentación y el fracaso repetido son cruciales, como la programación, la ciencia y el pensamiento de diseño. Al mismo tiempo, la evolución tecnológica ha creado nuevas oportunidades para gestionar y analizar los errores en tiempo real. Plataformas de aprendizaje adaptativo como Khan Academy y Duolingo explotan algoritmos de inteligencia artificial para identificar patrones de error y ofrecer comentarios personalizados, ayudando a los estudiantes a colmar lagunas en su comprensión. Mina C. Johnson-Glenberg, en su estudio (2018), analiza el potencial de la realidad virtual inmersiva (RV) en la educación, centrándose en cómo puede diseñarse esta tecnología para mejorar el aprendizaje

Es importante reflexionar sobre el potencial transformador de la inteligencia artificial aplicada a la educación (AIEd). Expertos como Rose Luckin y Wayne Holmes, en su artículo *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*, sostienen que la inteligencia artificial no debería sustituir a los profesores, sino más bien apoyarlos y capacitarlos, redefiniendo el papel de la educación para satisfacer mejor las necesidades de una sociedad cambiante. Un aspecto clave de su argumento es la capacidad de la IAEd para hacer que el aprendizaje sea más personalizado, flexible e integrador. Los autores señalan que una de las principales limitaciones de los sistemas educativos tradicionales es su dificultad para adaptarse a las necesidades individuales de los alumnos. Aquí es donde entra en juego la AIEd, a través de los Sistemas Tutores Inteligentes. Estas herramientas utilizan modelos algorítmicos para analizar en tiempo real el nivel de comprensión, el estado emocional y el estilo de aprendizaje del alumno, ofreciéndole actividades y comentarios personalizados. Por ejemplo, sistemas como iTalk2Learn, diseñado para enseñar fracciones matemáticas, supervisa no sólo el progreso cognitivo de los alumnos, sino también su estado emocional, adaptando las lecciones en función de sus respuestas. Esta personalización permite a los estudiantes progresar a su propio ritmo, reduciendo la ansiedad y aumentando la motivación. El proyecto iTalk2Learn fue llevado a cabo por un consorcio europeo de investigadores, financiado por el Séptimo Programa Marco (FP7) de la Comisión Europea. Este consorcio incluía universidades e instituciones destacadas, como la University College London (UCL), la Universidad de Edimburgo y la Universidad de Duisburgo-Essen. iTalk2Learn se enfocó en la integración de tutoría inteligente y entornos de aprendizaje exploratorios para facilitar la adquisición de competencias matemáticas. Uno de los objetivos principales del proyecto fue entender la interacción entre la retroalimentación y los estados emocionales de los estudiantes. Por ejemplo, algunos investigadores analizaron cómo adaptar los tipos de retroalimentación según los estados emocionales de los estudiantes para mejorar el aprendizaje (Grawemeyer et al., 2015). Otros estudios se centraron en la relevancia de la retroalimentación exploratoria en entornos de aprendizaje dedicados a las fracciones (Holmes et al., 2015) y en la secuenciación de tareas basada en el reconocimiento de emociones (Janning et al., 2014). Estos hallazgos ayudaron a profundizar en la comprensión de los procesos de aprendizaje y de las tecnologías educativas, confirmando el papel esencial de las tecnologías adaptativas en el apoyo a la educación personalizada.

Otro aspecto innovador se refiere al apoyo que la AIEd puede ofrecer al aprendizaje colaborativo. Tradicionalmente, el trabajo en grupo se considera eficaz para fomentar habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la colaboración. Sin embargo, sin la orientación adecuada, estos procesos pueden resultar ineficaces. La inteligencia artificial puede intervenir, por ejemplo, formando grupos de trabajo equilibrados en función de las capacidades y necesidades de



cada alumno, o supervisando las interacciones para detectar dificultades o malentendidos y proporcionar retroalimentación específica. Los agentes virtuales inteligentes, otra innovación mencionada, pueden participar en los debates como compañeros virtuales, estimulando la discusión o proponiendo puntos de vista alternativos. Este enfoque hace que el trabajo colaborativo sea más productivo y accesible, incluso en contextos en línea. Además, los autores se centran en el uso de la inteligencia artificial en la realidad virtual y aumentada (RV y RA). Estas herramientas permiten a los estudiantes sumergirse en entornos simulados que reproducen situaciones del mundo real de difícil acceso, como la exploración de una central nuclear o el análisis de fenómenos naturales a escala microscópica. La combinación de IA y RV no sólo hace que estas experiencias sean más realistas, sino que también permite guiar a los estudiantes hacia objetivos de aprendizaje específicos, adaptándose a sus respuestas. Por ejemplo, la IA puede proporcionar información en tiempo real o introducir variables para estimular la reflexión, como la simulación de una catástrofe medioambiental para comprender los efectos del cambio climático. Estas herramientas han demostrado ser especialmente eficaces para desarrollar habilidades prácticas y facilitar la transferencia al mundo real de los conocimientos aprendidos. No se pueden ignorar las implicaciones éticas y sociales del uso de la inteligencia artificial en la educación. Una de las principales preocupaciones es la gestión y el uso de los datos de los estudiantes. Es crucial garantizar la transparencia de los algoritmos y desarrollar normas éticas para el uso de la inteligencia artificial, garantizando que estas tecnologías sean accesibles a todos y no contribuyan a las desigualdades educativas. También es importante implicar a profesores, alumnos y padres en el diseño de las soluciones de AIED para que sean realmente útiles y respondan a las necesidades de las aulas. Otro aspecto crucial, que entra dentro del ámbito de esta contribución, es el papel cambiante de los profesores. Según los autores, la AIED nunca podrá sustituir el valor de la interacción humana, pero permitirá a los profesores liberarse de tareas administrativas y repetitivas, permitiéndoles centrarse en aspectos más creativos y relacionales de su trabajo, como la empatía y la motivación de los alumnos. La IA también puede servir de apoyo en la formación continua de los profesores, ofreciéndoles recursos personalizados para mejorar sus habilidades docentes. Existe una visión optimista y ambiciosa de la AIED como motor de la transformación educativa. Los autores imaginan un futuro en el que la inteligencia artificial colaborará con profesores y alumnos para crear un sistema educativo más equitativo, eficaz e innovador, capaz de afrontar los retos del siglo XXI y de preparar a las nuevas generaciones para vivir y trabajar en un mundo cada vez más complejo y tecnológico. En la siguiente sección, se analizarán los principales modelos teóricos que sustentan este enfoque, seguidos de ejemplos de buenas prácticas aplicadas en diferentes contextos educativos. Por último, se debatirán los retos relacionados con la aplicación de este paradigma y sus futuras implicaciones para la formación del profesorado y la equidad educativa.

2. Por una pedagogía del error: perspectivas epistemológico-pedagógicas

Para desarrollar un enfoque pedagógico del error, es importante identificar las coordenadas epistemológicas que permiten repensar el "fracaso" como un acto transformador en el camino del crecimiento personal y social. Las perspectivas que considerar son de carácter epistemológico-cultural, partiendo del enfoque pragmatista de John Dewey sobre el "aprender haciendo", que se inspira en la filosofía de Platón sobre el método dialéctico (Annas, 1981), y se entrelaza con la competencia reflexiva, fundamental para un enfoque crítico del error. Dewey defendía que el aprendizaje no era una mera transmisión de información, sino un proceso activo en el que el alumno debe implicarse tanto mental como físicamente. Según él, el método científico, caracterizado por la observación, la experimentación y la reflexión, es la forma más eficaz de aprender. Por ello, las escuelas inspiradas en el modelo de Dewey deben organizarse como laboratorios, donde los alumnos puedan realizar actividades prácticas, como carpintería, cocina, mecánica o jardinería, no para formar profesionales, sino para comprender los fundamentos de disciplinas como la botánica, la física o la economía. Para Dewey, la experiencia se define como la interacción entre la acción y la reflexión, un proceso en el que los alumnos aprenden no sólo a través de la acción, sino también analizando las consecuencias de sus actos. Este enfoque promueve un aprendizaje más profundo



y duradero, ya que vincula lo que se enseña con las experiencias vividas por los alumnos. Dewey critica las prácticas educativas tradicionales que se basan exclusivamente en las clases magistrales y la memorización, por considerarlas carentes de significado real para los alumnos.

Otro aspecto fundamental es la distinción entre problemas auténticos y artificiales. Según el pedagogo, un problema es auténtico si consigue estimular realmente el interés del alumno y motivarlos a reflexionar; por el contrario, los problemas artificiales, a menudo creados por los profesores o los libros de texto, carecen de relevancia para la experiencia personal de los alumnos y corren el riesgo de reducir el aprendizaje a un mero ejercicio mecánico. El profesor, que actúa como facilitador cognitivo y emocional, según Dewey, debe ser un guía que promueva la interacción entre el alumno y el mundo real, fomentando un aprendizaje significativo que vaya más allá de los confines del aula. Donald Schön propone una visión innovadora del profesionalismo, basada en el concepto de "práctica reflexiva". Su pensamiento se basa en la idea de que los profesionales no actúan simplemente de manera técnica, aplicando procedimientos estandarizados, sino que interactúan constantemente con situaciones complejas y a menudo ambiguas, que requieren capacidad de análisis y adaptación (Schön, 1983). Para Schön, la reflexión es fundamental en este proceso y se manifiesta de dos formas principales: "reflexión en la acción" y "reflexión sobre la acción". La "reflexión en la acción" se produce mientras el profesional está inmerso en la actividad. Es un proceso dinámico e inmediato, que permite hacer frente a imprevistos y reorganizar la acción en tiempo real. Por ejemplo, un profesor puede modificar su estrategia pedagógica durante una clase en respuesta a una reacción inesperada de un alumno. Esta forma de reflexión implica el uso del conocimiento tácito, es decir, aquellas habilidades y competencias que se han interiorizado a través de la experiencia (Schön, 1983; Perrenoud, 2001). La "reflexión sobre la acción" tiene lugar en una segunda fase. En esta fase, el profesional analiza y evalúa lo sucedido, intentando comprender las razones de las decisiones tomadas y sus efectos. Es un momento crucial para aprender de la experiencia y planificar estrategias futuras. Esta reflexión retrospectiva permite formalizar los conocimientos adquiridos y transformarlos en herramientas útiles para afrontar situaciones similares (Boud et al., 1985). Schön subraya la importancia de la interacción continua entre teoría y práctica. Según él, el profesional reflexivo es capaz de integrar la intuición, la experiencia y los conocimientos teóricos para resolver problemas de forma creativa y consciente (Schön, 1983). En este contexto, la reflexión no es sólo una herramienta para mejorar la propia práctica, sino un proceso a través del cual se construye una profesionalidad consciente, basada en la autonomía, la responsabilidad y la capacidad crítica (Eraut, 1995).

En la perspectiva reflexiva, el error se transforma en un momento de "experiencia de sorpresa" (Schön, 1983), que ofrece la oportunidad de cuestionar las rutinas profesionales, reestructurar el problema y desarrollar nuevas estrategias de acción (Tripp, 1993). En su estudio sobre los "incidentes críticos", Tripp destaca cómo las situaciones problemáticas o inesperadas, a menudo relacionadas con errores, pueden convertirse en oportunidades de aprendizaje significativo. Señala que un análisis crítico de estos acontecimientos permite comprender mejor la dinámica de la práctica profesional y desarrollar nuevas estrategias de acción. Este enfoque rechaza una visión punitiva del error, promoviendo en su lugar una cultura de reflexión crítica y transformación personal y profesional. David Kolb, teórico de la educación, sitúa el aprendizaje entre la acción y la reflexión con su teoría del aprendizaje experiencial (1984). De la tensión entre estas dos dimensiones puede surgir un aprendizaje significativo, enraizado en la experiencia concreta. Así pues, el aprendizaje experiencial (EA) no se limita a la acción por sí misma, sino que adopta la forma de un proceso que integra el "hacer" con el "pensar". Este enfoque recuerda la idea de Paulo Freire de que la praxis pedagógica es un vínculo indisoluble entre el pensamiento y la acción (Freire, 1970). La experiencia, por tanto, no es un mero actuar sin conciencia, ni una especulación teórica que ignora la concreción del ser en el mundo. Más bien, representa un "saber hacer", una competencia que se desarrolla a través de la confrontación y la relación con los demás y el entorno circundante.



La idea de Kolb del aprendizaje experimental se sitúa en el marco constructivista de Jean Piaget, que hace hincapié en la construcción activa del conocimiento a través de la interacción entre el individuo y la realidad (Piaget, 1970). En esta perspectiva, el aprendizaje se produce a través del procesamiento cognitivo y la adaptación a nuevas experiencias. En un contexto más contemporáneo, Carol Dweck profundizó en la importancia de la experiencia y el error, destacando cómo una mentalidad de crecimiento permite ver los errores no como amenazas, sino como oportunidades para afrontar retos y desarrollarse personalmente. El aprendizaje experimental requiere una reflexión crítica sobre el vínculo entre experiencia y conocimiento. Este proceso no puede simplificarse a una secuencia mecánica, sino que debe considerarse en su complejidad. Para promover un aprendizaje experiencial que sitúe la reflexión en el centro, es crucial tener en cuenta al menos dos aspectos clave: la percepción de la experiencia y su procesamiento. La percepción desempeña un papel fundamental en el proceso de aprendizaje. A través de ella, el individuo recoge datos de la experiencia, activando dimensiones sensoriales, emocionales y cognitivas.

Sin embargo, como observa Freire que la verdadera educación se realiza mediante la práctica de la libertad, mediante el acto de reflexión y de acción de los hombres sobre el mundo para transformarlo (1970).

Esto implica la necesidad de superar cualquier resistencia interior que obstaculice el aprendizaje.

La elaboración, por su parte, es el momento en que la experiencia se analiza y reinterpreta, convirtiéndose en conocimiento significativo. Este proceso requiere una reflexión consciente, capaz de cuestionar las rutinas y generar nuevas perspectivas. Como sugiere Kolb (1984), el aprendizaje experimental nunca es puramente pasivo, sino que se desarrolla en un ciclo continuo de observación, conceptualización y experimentación.

El tratamiento pedagógico del error tiene importantes implicaciones tanto cognitivas como emocionales, que pueden favorecer el aprendizaje si se maneja correctamente. En lugar de ser visto como un fracaso, el error puede convertirse en un recurso de aprendizaje, capaz de estimular el desarrollo de la metacognición, reducir la ansiedad académica y mejorar la autoestima, así como potenciar la motivación intrínseca a través del feedback recibido. Uno de los aspectos cognitivos más significativos es el papel que desempeña el error en la metacognición, es decir, en la capacidad del alumno para reflexionar sobre sus propios procesos de pensamiento y aprendizaje. Como señalan Schraw y Moshman, el error representa un momento crucial que impulsa al alumno a cuestionar sus propios métodos, las causas del error y las estrategias necesarias para enfrentarse a situaciones similares en el futuro. Esta reflexión no sólo aumenta la conciencia del alumno sobre sus propias capacidades, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades de autorregulación. Por ejemplo, un alumno que comete un error en un problema matemático puede revisar su planteamiento, analizar los pasos clave que le llevaron al error y planificar una nueva estrategia para abordar problemas similares. Este proceso no sólo refuerza el aprendizaje, sino que también promueve la autonomía, reduciendo la dependencia del profesor y fomentando una mayor responsabilidad personal. Desde un punto de vista emocional, si se gestionan de forma constructiva, los errores pueden ayudar a disminuir la ansiedad académica y mejorar la autoestima de los alumnos. Como señalan Smith et al. (2022), cuando el error se acepta y se valora como parte integrante del proceso de aprendizaje, los alumnos se sienten menos juzgados e intimidados por el riesgo de equivocarse. Esto es especialmente relevante en contextos escolares en los que el miedo al fracaso suele obstaculizar la participación activa y la voluntad de experimentar.

La creación de un entorno que fomente el error como herramienta de crecimiento permite a los alumnos afrontar los retos con mayor tranquilidad, explorar nuevas soluciones sin miedo y adquirir confianza en sus propias capacidades. Esta aceptación no sólo disminuye la ansiedad, sino que



también tiene un efecto positivo en la autoestima, ya que el alumno aprende a reconocer su propio valor a pesar de cometer errores. Otro aspecto clave del tratamiento pedagógico del error es el papel de la retroalimentación. Hattie y Timperley demostraron que la retroalimentación inmediata y constructiva sobre los errores es uno de los factores más influyentes en el aprendizaje. A través de la retroalimentación, el alumno recibe indicaciones claras de lo que ha ido mal y de cómo mejorar. Este proceso refuerza la motivación intrínseca, ya que el alumno no ve el error como una conclusión, sino como un punto de partida para un aprendizaje más profundo. Por ejemplo, en una clase de ciencias, un alumno que comete un error en un experimento puede recibir una retroalimentación que le ayude a reformular la hipótesis o modificar el método utilizado, lo que conduce a un mejor resultado. Este tipo de enfoque no sólo mejora la retención de conocimientos, sino que crea un círculo virtuoso en el que cada error se convierte en una oportunidad de crecimiento.

3. Modelos innovadores de aprendizaje, aplicaciones prácticas y uso de las nuevas tecnologías

En una sociedad en constante cambio y cada vez más compleja, la educación debe necesariamente adaptarse. Los modelos de aprendizaje innovadores no sólo responden a esta necesidad, sino que representan una evolución que sitúa al alumno en el centro, fomentando el pensamiento crítico, la colaboración y una mayor implicación. Un ejemplo es el aprendizaje basado en problemas, conocido como ABP, que se centra en la exploración de problemas reales y complejos que a menudo carecen de una única solución. Este enfoque anima a los estudiantes a utilizar el pensamiento crítico para analizar situaciones, formular hipótesis y probar soluciones en colaboración (Barrows, 1986). Mediante el ABP, los alumnos aprenden a través de la acción, desarrollan su autonomía y adquieren destrezas fundamentales del mundo real, como el trabajo en equipo y la resolución de problemas.

Un ejemplo de aplicación práctica se encuentra en los cursos de medicina, como los de la Universidad de Maastricht, donde los estudiantes se enfrentan a casos clínicos simulados. Cada caso se examina en pequeños grupos, con un tutor que guía el proceso y fomenta el diálogo entre los participantes. Los errores cometidos se convierten en oportunidades para reflexionar y mejorar el razonamiento clínico (Barrows, 1996). Del mismo modo, el aprendizaje basado en proyectos, o PjBL, difiere del PBL en su énfasis en la creación de un producto o solución concretos. Los estudiantes trabajan en proyectos interdisciplinarios y a largo plazo, abordando problemas que requieren creatividad y pensamiento crítico. Este modelo también estimula la motivación intrínseca, ya que los proyectos suelen estar relacionados con temas de interés personal o social (Thomas, 2000). Por ejemplo, un proyecto escolar sobre el cambio climático puede implicar que los alumnos recojan datos medioambientales, elaboren estrategias para reducir el impacto ecológico y presenten propuestas a las autoridades locales. Este enfoque no sólo consolida los conocimientos, sino que también refuerza la conciencia cívica y la capacidad de trabajar en equipo.

Un modelo innovador basado en el pensamiento pragmático es el Design Thinking. Originario del campo del diseño, este enfoque iterativo también se aplica en la educación. Sus cinco fases - empatía, definición del problema, concepción, creación de prototipos y pruebas - lo convierten en un método ideal para abordar retos complejos (Brown, 2009). En este contexto, los errores se consideran parte natural del proceso creativo, del que siempre se pueden extraer lecciones. Los estudiantes pueden trabajar en proyectos de sostenibilidad, como el diseño de soluciones para mejorar la eficiencia energética de un edificio escolar, combinando habilidades técnicas y creativas y aprendiendo a resolver problemas reales en colaboración.

La Flipped Classroom, o aula invertida, representa un cambio significativo respecto al modelo educativo tradicional. En este enfoque, los alumnos estudian contenidos teóricos en casa, utilizando



vídeos, lecturas o recursos digitales, mientras que el tiempo de clase se dedica a actividades prácticas, debates y trabajo en grupo (Bergmann, Sams, 2012). Un ejemplo concreto es el de los cursos de matemáticas o ciencias, en los que los alumnos ven conferencias en vídeo en casa y en clase se centran en la resolución de problemas con el apoyo del profesor. Este método aumenta el compromiso de los estudiantes y permite a los profesores adaptar las actividades a las necesidades del grupo. Del mismo modo, un enfoque de tutoría entre iguales implica a los estudiantes como profesores de sus compañeros. Este modelo fomenta la comprensión, tanto para el profesor como para el alumno (Topping, 2005). Por ejemplo, durante las sesiones de estudio entre iguales, los estudiantes pueden explicar conceptos complejos, mejorando sus habilidades comunicativas y profundizando en su comprensión.

El enfoque Design Thinking se basa en un modelo pedagógico práctico, el aprendizaje cooperativo, que sostiene que el trabajo en grupo fomenta un aprendizaje más profundo y participativo. Los alumnos trabajan juntos para alcanzar objetivos comunes, compartiendo conocimientos y aprendiendo de sus propios errores y de los de los demás (Johnson & Johnson, 1989). Por ejemplo, durante las clases de matemáticas, los alumnos pueden trabajar en pequeños grupos para abordar problemas complejos. Cada miembro del grupo aporta sus conocimientos y el éxito está ligado a la cooperación y la comparación. Este modelo no sólo desarrolla las capacidades cognitivas, sino que también refuerza las habilidades sociales e interpersonales. En la era de la digitalización, la gamificación introduce elementos típicos de los juegos, como niveles, puntos y recompensas, para hacer el aprendizaje más atractivo y motivador (Deterding et al., 2011). Este enfoque es especialmente eficaz para estimular la motivación intrínseca de los alumnos. Duolingo es una plataforma líder de aprendizaje de idiomas que incorpora elementos de gamificación para hacer más atractiva la experiencia de aprendizaje. Fundada en 2012, Duolingo adopta una estructura similar a la de un juego para mantener activos a los usuarios, combinando niveles crecientes de dificultad, recompensas virtuales y tablas de clasificación. Cada lección de Duolingo está organizada en unidades temáticas, con ejercicios de escritura, lectura, comprensión oral y pronunciación. Cuando un alumno comete un error, recibe inmediatamente una explicación correctiva que le anima a intentarlo de nuevo. El sistema hace un seguimiento de las áreas en las que el alumno tiene dificultades y ofrece repeticiones específicas para consolidar las destrezas.

Un estudio realizado por la City University de Nueva York y la Universidad de Carolina del Sur reveló que 34 horas de aprendizaje en Duolingo pueden corresponder a un semestre de estudios universitarios de idiomas (Vesselinov & Grego, 2012). Gracias a su enfoque lúdico, los alumnos pueden mantener una alta motivación y aprender sin miedo a cometer errores, fomentando así una mentalidad de crecimiento (Dweck, 2006). Un ejemplo práctico del uso de Duolingo se ha visto en las escuelas primarias del Reino Unido, donde se integró en el plan de estudios para apoyar el aprendizaje de lenguas extranjeras. Los alumnos han mostrado un mayor entusiasmo por el aprendizaje que con los métodos tradicionales, gracias a la oportunidad de competir con sus compañeros a través de tablas de clasificación y retos semanales. Khan Academy es una plataforma digital gratuita diseñada para proporcionar aprendizaje personalizado a estudiantes de todo el mundo. Con una interfaz intuitiva, los estudiantes pueden acceder a contenidos multimedia organizados por temas, con ejercicios prácticos, vídeos explicativos y pruebas de autoevaluación.

Este modelo se basa en la idea del aprendizaje personalizado, que adapta los itinerarios educativos al ritmo y las necesidades de cada alumno (Bloom, 1984). Khan Academy utiliza algoritmos de aprendizaje adaptativo para seguir el progreso de los alumnos. Cuando un alumno comete un error, el sistema le proporciona retroalimentación inmediata y le sugiere recursos adicionales para rellenar las lagunas. Los profesores también pueden consultar informes detallados en los que se destacan los puntos fuertes y débiles de los alumnos, lo que permite un apoyo específico y personalizado (Khan, 2012). Un ejemplo de aplicación se observó en las escuelas públicas de California, donde se adoptó Khan Academy como herramienta para mejorar las competencias matemáticas. Los



alumnos, que trabajaban de forma independiente en la plataforma, mostraron mejoras significativas en su comprensión de conceptos fundamentales al poder repetir ejercicios, ver tutoriales en vídeo y recibir comentarios inmediatos. Este enfoque ayudó a reducir las disparidades de aprendizaje entre los estudiantes (Murphy et al., 2014). Un estudiante que tenga dificultades con un concepto matemático puede ver videotutoriales, repetir ejercicios y supervisar su progreso utilizando herramientas digitales avanzadas (Khan, 2012). El aprendizaje mediante simulaciones o realidad virtual permite a los estudiantes sumergirse en entornos simulados, donde pueden experimentar situaciones realistas sin enfrentarse a riesgos reales (Mikropoulos y Natsis, 2011). Este enfoque es especialmente beneficioso en ámbitos prácticos, como la formación de pilotos o las simulaciones de experimentos científicos. Labster es una plataforma que ofrece simulaciones virtuales de laboratorio para la enseñanza de las ciencias. Mediante el uso de la realidad virtual (RV) y las tecnologías inmersivas, Labster permite a los estudiantes explorar entornos de laboratorio realistas, experimentando sin riesgos y con menores costes que en los laboratorios tradicionales. La plataforma ofrece escenarios simulados en los que los estudiantes pueden realizar experimentos científicos, como análisis químicos, experimentos biológicos o investigaciones genéticas. Cada simulación se centra en un problema a resolver y proporciona información inmediata sobre los errores cometidos. Este método fomenta el refuerzo de los conocimientos teóricos mediante la aplicación práctica (Makrinsky et al., 2019).

Un estudio realizado en la Universidad de Copenhague demostró que el uso de Labster mejora significativamente el rendimiento académico de los estudiantes en comparación con los métodos tradicionales. Los estudiantes que utilizaron Labster obtuvieron puntuaciones más altas en las pruebas finales e informaron de una mayor confianza en sus habilidades científicas (Makrinsky y Lilleholt, 2018). Un ejemplo práctico es un curso de química en institutos estadounidenses, en el que se utilizó Labster para simular experimentos complejos como espectroscopia y cromatografía. Los estudiantes pudieron repetir los experimentos varias veces, aprendiendo de sus errores sin riesgo de dañar equipos caros o comprometer la seguridad.

Con el trabajo de Mina C. Johnson-Glenberg (2018), la autora analiza dos características fundamentales que hacen de la realidad virtual (RV) un recurso valioso en la educación: la sensación de presencia y el embodiment, es decir, la implicación física a través de gestos y controles manuales. La sensación de presencia se refiere a la capacidad de los entornos virtuales para hacer que los estudiantes sientan que están realmente "dentro" del mundo simulado, una característica que puede aumentar enormemente el compromiso y la atención. Esta característica, ampliamente estudiada, distingue a la RV de otras tecnologías interactivas, ya que permite a los estudiantes sumergirse por completo en el entorno de aprendizaje. El artículo destaca cómo esta inmersión puede mejorar la concentración y estimular el aprendizaje a través de experiencias altamente inmersivas. Otro aspecto central es la corporeización, que implica la integración del cuerpo en los procesos de aprendizaje. La RV permite a los alumnos utilizar gestos para interactuar con objetos virtuales, aprovechando los mandos manuales y las tecnologías de detección del movimiento. Este enfoque no sólo facilita el aprendizaje de conceptos complejos, sino que también estimula una memoria más duradera gracias a la participación de las vías sensoriomotoras. Por ejemplo, el artículo destaca cómo la manipulación de objetos tridimensionales con las manos puede crear una sensación de control ("agencia") y fomentar una comprensión más profunda que los métodos tradicionales de aprendizaje. El autor ofrece varios ejemplos de cómo utilizar los gestos en las clases virtuales para mejorar el aprendizaje. En un ejemplo práctico, los alumnos aprenden conceptos de física manipulando directamente modelos virtuales de engranajes o campos eléctricos.

Este tipo de aprendizaje, conocido como "embodied learning", ayuda a los estudiantes a establecer conexiones más profundas entre la acción física y el material a aprender, mejorando así la memorización y la comprensión. El autor ofrece sugerencias sobre cómo diseñar contenidos



educativos en RV. Entre ellas, se sugiere aumentar gradualmente la complejidad del contenido, proporcionar retroalimentación inmediata y crear experiencias que promuevan la exploración activa en lugar del aprendizaje pasivo. Además, se subraya la importancia de que la interfaz sea accesible incluso para los principiantes, de modo que los alumnos puedan centrarse en el contenido y no en la tecnología.

4. Formación del profesorado: el "itinerario de formación inicial del profesorado" en Italia y la educación en el error para docentes

El éxito de la pedagogía del error depende en gran medida de la formación de los profesores como facilitadores y figuras educativas significativas en la vida de los alumnos. Hemos visto cómo en otros contextos nacionales, europeos y americanos, el error forma parte del proceso de formación, y en este apartado conviene informar sobre el caso italiano de la formación del profesorado, que ha sufrido profundas transformaciones en los dos últimos años, en medio de polémicas por parte de la clase trabajadora y de la dirección política del actual Gobierno italiano.

Para ser profesor en las escuelas de Italia, es necesario obtener un título tras cursar un itinerario para la adquisición de sesenta créditos universitarios, subdivididos por clases de competencia que determinan la especificidad de las materias impartidas (italiano, historia, geografía, economía, humanidades, ...).

Dentro de estos itinerarios, las pedagogías son materias caracterizadoras y constituyen una gran parte de la formación, que finalmente tiene en cuenta las ciencias de la educación como fundamento epistemológico para la comprensión de las dinámicas relacionales-educativas en una "sociedad de la complejidad" (Morin, 1999).

Durante la formación, el autor de esta aportación y la profesora Caterina Benelli de la Universidad de Nápoles "Federico II" consideraron oportuno incluir algunas lecciones sobre la pedagogía del error en el contexto de la pedagogía social y escolar en las disciplinas de las matemáticas y la física, conocidas por ser naturalmente generadoras de error para los alumnos, centrándose en su valor formativo del "fracaso" en la enseñanza y especialmente en la gestión emocional en el aula en situaciones como interrogatorios, ejercicios y explicaciones básicas de principios aritméticos.

La variable clave en todo esto, que despertó curiosidad y perplejidad, fue que una gran parte de los alumnos ya eran profesores, por lo que la actitud fue de todo menos proactiva, pues ya llevaban años enseñando estas disciplinas y se vieron en la necesidad de obtener una titulación cuando ya enseñaban regularmente, y ahora el Estado les "obligaba" a asistir a este tipo de cursos.

El propósito desafiante, como pedagogos, era salir de la dinámica política en la que los alumnos se sentían naturalmente envueltos y constreñidos, intentando estimular la conciencia crítica del trabajo que realizan en las escuelas y con sus alumnos, poniendo en primer plano una dimensión real: la de la comprensión y el tratamiento del error, que, desgraciadamente, los alumnos encuentran cada vez más difícil de afrontar, debido al miedo al juicio y al fracaso.

Se recogieron testimonios orales y escritos, especialmente en las actividades de los talleres. Uno de los recursos utilizados fue el diario de errores, diseñado por el autor y supervisado por la profesora Benelli. El diario de errores pretende ser una herramienta de reflexión personal que permita transformar los errores en oportunidades de aprendizaje. Es un método práctico, educativo y formativo para promover la toma de conciencia, el crecimiento personal y la mejora continua. Se trata de un cuaderno de bitácora, físico o digital, en el que anotar los errores cometidos durante una actividad o proceso (el objetivo es imaginar un escenario, tanto como profesor como alumno). No se limita a enumerar los errores, sino que fomenta una reflexión estructurada sobre las causas de los errores, sus consecuencias y las posibles soluciones. Es una herramienta para analizar lo sucedido, aprender de la experiencia y adoptar estrategias para no repetir el mismo error.

Un diario suele constar de algunas secciones estructuradas:



- Descripción del error: ¿Qué ha ocurrido? ¿Cuál fue el error cometido?
- Causas del error: ¿Por qué se produjo? ¿Qué factores internos (como distracciones o falta de conocimientos) o externos (como falta de tiempo o herramientas inadecuadas) contribuyen?
- Consecuencias: ¿Qué impacto ha tenido el error?
- Soluciones y estrategias: ¿Cómo podrías haber manejado la situación de otra manera? ¿Qué puedes hacer para no repetir el mismo error?
- Lección aprendida: ¿Cuál es la principal lección que has aprendido?

El diario de errores refleja la idea de que el error forma parte de la naturaleza humana y es un paso esencial hacia el conocimiento. Del mismo modo, Edgar Morin (2000) en su texto *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*, afirma que educar también significa aceptar y comprender la incertidumbre y el error como elementos inerradicables de nuestra condición, el conocimiento del saber humano debe empezar por reconocer sus errores, sus ilusiones y la posibilidad de autocorrección. Es a través de la comprensión de los errores como podemos educar la inteligencia crítica (Morin, 2000, p. 12).

El camino de formación de un docente no se trata sólo de la adquisición de conocimientos teóricos o técnicos, sino que se desarrolla también a través de un trabajo profundo sobre uno mismo y sus prácticas. Entre los principales retos está superar la percepción del error como fracaso, para transformarlo en una herramienta de aprendizaje y crecimiento. En este sentido, métodos innovadores como la gamificación, la reflexión estructurada y la creación de entornos seguros ofrecen al docente nuevas herramientas para abordar su rol con conciencia y creatividad. La idea de utilizar juegos como herramienta de formación puede parecer inusual, pero precisamente ahí reside la fuerza de la gamificación. Karl M. Kapp, en su libro *La gamificación del aprendizaje y la instrucción*, destaca cómo los juegos pueden crear un entorno atractivo y sin prejuicios donde los profesores pueden experimentar, tomar decisiones rápidas y cometer errores sin miedo a las consecuencias. Este enfoque ayuda a reducir la ansiedad asociada con cometer errores y a desarrollar una mentalidad más flexible y abierta (Kapp, 2021).

Imaginemos a un profesor participando en un curso de formación basado en un juego interactivo. Durante el juego, debe gestionar un aula virtual donde los estudiantes enfrentan dificultades de aprendizaje. Cada error que cometes (por ejemplo, una respuesta inapropiada o una estrategia ineficaz) se convierte en una oportunidad para analizar la situación, recibir retroalimentación y probar nuevas soluciones. A través del juego, el profesor experimenta en primera persona lo valiosos que son los errores en el proceso de aprendizaje.

La gamificación también se presta a crear dinámicas colaborativas. Los juegos grupales pueden simular escenarios educativos complejos, como el diseño de un plan de lección, donde cada miembro del equipo aporta sus propios aportes. Los errores, en lugar de ser fuente de conflicto, se convierten en terreno fértil para la comparación y la concreción de estrategias. Otro enfoque fundamental es el de la reflexión crítica, que permite a los docentes analizar sus propias experiencias para extraer lecciones útiles de ellas. Stephen D. Brookfield, en *Becoming a Critically Reflective Teacher*, propone una herramienta llamada Critical Incident Technique (CIT), que invita a los docentes a centrarse en episodios significativos – positivos o negativos – en su trabajo, para comprender sus causas y desarrollar estrategias de mejora (Brookfield, 2017). Por ejemplo, un profesor podría reflexionar sobre una lección en la que un estudiante demostró dificultad para seguir una explicación. A través del diario de reflexión, analiza la situación: ¿Qué estrategias utilizaste? ¿Qué errores cometió? ¿Cómo podría haber manejado la situación de otra manera? Este proceso de análisis no es sólo técnico, sino también emocional: ayuda al docente a reconocer sus propias emociones, a enfrentar sus propias vulnerabilidades y a desarrollar una



mayor autoconciencia. La reflexión estructurada no es sólo un ejercicio individual. Puede convertirse en una actividad colectiva, en la que los docentes compartan sus “incidentes críticos” con sus colegas, enriqueciendo la comparación con diferentes puntos de vista. Esta práctica fortalece la capacidad de aprender de la experiencia, convirtiendo cada error en una valiosa lección.

El contexto en el que se forman los docentes es tan importante como las herramientas que utilizan. Jack Mezirow, en su libro *Dimensiones transformadoras del aprendizaje de adultos*, destaca cómo los adultos aprenden mejor en entornos donde se sienten libres de experimentar, cometer errores y reflexionar sin miedo a ser juzgados (Mezirow, 2018). Este concepto es especialmente relevante para los docentes, quienes a menudo se encuentran gestionando situaciones de gran complejidad y responsabilidad. Un entorno seguro es un lugar donde los errores no se estigmatizan, sino que se analizan como parte integral del proceso de aprendizaje. Durante los talleres de formación, los docentes pueden participar en simulaciones o juegos de roles en los que experimentan diferentes estrategias educativas, recibiendo retroalimentación inmediata y constructiva. Por ejemplo, en un taller dedicado a la gestión de emociones en el aula, los participantes pueden probar diferentes técnicas para afrontar situaciones de conflicto, reflexionar sobre los errores y adaptar su enfoque. Otro elemento crucial es el apoyo entre pares. En grupos de trabajo, los profesores pueden compartir experiencias, discutir dificultades y encontrar soluciones juntos. Esta dinámica no sólo enriquece el proceso de aprendizaje, sino que también crea una red de apoyo que reduce el estrés y promueve el crecimiento profesional.

5. Reflexiones éticas sobre el uso de la inteligencia artificial en la educación

La inteligencia artificial (IA) ya forma parte del panorama educativo mundial y promete transformar profundamente los métodos de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, esta revolución tecnológica trae consigo cuestiones éticas cruciales. ¿Cómo podemos garantizar que la IA se utilice de forma justa e inclusiva? ¿Cómo evitar que los algoritmos amplifiquen las desigualdades existentes o amenacen la privacidad de los estudiantes? Es esencial abordar estas cuestiones en profundidad para garantizar que la IA se convierta en una herramienta para la inclusión y el progreso, en lugar de un vehículo para la exclusión.

Uno de los riesgos más importantes asociados al uso de la IA es el sesgo **algorítmico**, es decir, los sesgos ocultos en los sistemas de inteligencia artificial. De hecho, los algoritmos no operan en un vacío neutral, sino que se basan en datos que reflejan las desigualdades sociales y económicas existentes. Como señala Safiya Noble en su libro *Algorithms of Oppression*, los algoritmos pueden perpetuar involuntariamente estereotipos de género, raciales o culturales. Esto es especialmente preocupante en la educación, donde los sistemas basados en IA se utilizan cada vez más para evaluar el potencial de los estudiantes o para personalizar los itinerarios de aprendizaje (Noble, 2018). Pensemos, por ejemplo, en una plataforma de tutoría inteligente que sugiere materiales de estudio personalizados. Si el algoritmo se ha entrenado con datos que favorecen a determinados grupos sociales, podría asignar recursos de mayor calidad a estudiantes ya privilegiados, mientras que los procedentes de entornos desfavorecidos podrían recibir un apoyo menos eficaz. Esto no haría sino ampliar la brecha educativa existente, contradiciendo el objetivo fundamental de la IA: hacer la educación accesible e inclusiva. Para contrarrestar el sesgo algorítmico, deben tomarse medidas específicas. En primer lugar, los desarrolladores deben esforzarse por utilizar conjuntos de datos que sean representativos de todas las comunidades, incluida la diversidad de género, raza, clase social y capacidad. Además, es crucial que los criterios de toma de decisiones de los algoritmos sean transparentes, para que los educadores y los padres puedan entender cómo se toman las decisiones. Por último, los sistemas de IA deben someterse a auditorías independientes periódicas para detectar y corregir los posibles sesgos. Otro aspecto crucial es **la privacidad**. La IA



funciona recopilando enormes cantidades de datos personales, incluida información académica, de comportamiento y, en algunos casos, biométrica de los estudiantes. Esta recopilación masiva de datos plantea interrogantes sobre quién tiene acceso a esta información y cómo se utiliza. Cathy O'Neil, en su libro *Weapons of Math Destruction* (2016), señala cómo los sistemas basados en datos pueden convertirse fácilmente en herramientas de exclusión si no se gestionan con cuidado. El riesgo es que los datos de los alumnos puedan venderse a terceros, utilizarse con fines comerciales o, peor aún, quedar expuestos a brechas de seguridad. Imaginemos, por ejemplo, un sistema que utiliza datos biométricos para controlar la atención de los alumnos durante las clases en línea. Aunque pueda parecer una tecnología innovadora, ¿qué garantías hay de que estos datos no se utilicen para otros fines o se almacenen más tiempo del necesario? O, de nuevo, ¿qué ocurriría si esos datos fueran robados durante un ciberataque? La vulnerabilidad de estas plataformas supone una amenaza no sólo para la privacidad, sino también para la confianza que padres y alumnos depositan en el sistema educativo.

Para hacer frente a estos retos, es imprescindible que las plataformas educativas cumplan normativas estrictas, como el GDPR (Reglamento General de Protección de Datos) de la Unión Europea, que garantiza la transparencia y el control de los datos personales. Además, los datos recopilados deben anonimizar y cifrarse, limitando el acceso únicamente al personal autorizado. Por último, las escuelas y los desarrolladores de IA deben adoptar políticas de "minimización de datos", recopilando únicamente la información estrictamente necesaria para alcanzar los objetivos educativos.

La IA no puede considerarse ética si no respeta los principios de **equidad e inclusión**. Virginia Eubanks, en su libro *Automating Inequality*, advierte de que los sistemas tecnológicos pueden exacerbar la desigualdad si no se diseñan con cuidado. En educación, esto significa que la IA debe ser accesible a todos los estudiantes, independientemente de su origen social, económico o cultura (Eubanks, 2018).

La IA inclusiva empieza por el diseño. Los desarrolladores deben colaborar estrechamente con educadores, estudiantes y familias para comprender las necesidades específicas de cada comunidad. Por ejemplo, una plataforma educativa diseñada para alumnos con deficiencias visuales debe incluir funciones como la lectura de textos por voz y comandos táctiles. Del mismo modo, los sistemas deben diseñarse para apoyar a los estudiantes de lenguas minoritarias, ofreciendo contenidos en varios idiomas y adaptándose a diferentes modos de aprendizaje. Pero la inclusión no se limita al diseño. Es crucial formar a profesores y administradores escolares sobre las implicaciones éticas de la IA, para que puedan utilizarla de forma consciente y responsable. Solo con un compromiso activo con la inclusión podremos garantizar que la IA no deje a nadie atrás.

Por último, para generar confianza en la IA, es esencial que los sistemas sean **transparentes y responsables**. Los algoritmos deben poder explicar claramente cómo se toman las decisiones, y los desarrolladores deben responsabilizarse de las consecuencias de sus tecnologías. Esto significa no sólo corregir los errores, sino también estar dispuestos a responder a las críticas y preocupaciones planteadas por los usuarios. Un sistema transparente permite a los profesores intervenir cuando un algoritmo produce resultados inesperados o problemáticos, garantizando así que el proceso educativo permanezca bajo control humano.

6. Conclusiones críticas y perspectivas de futuro

El error, que siempre se ha percibido como un obstáculo que hay que evitar, debe replantearse como una oportunidad de crecimiento e innovación en la formación del profesorado. Sin embargo, para que estrategias como la gamificación, la reflexión crítica y la creación de entornos seguros transformen realmente la educación, es necesario un cambio de mentalidad a nivel sistémico. No basta con introducir herramientas lúdicas o prácticas reflexivas si la cultura educativa sigue premiando la perfección y penalizando el fracaso. Los profesores deben recibir una formación que



les ayude a desarrollar una mayor tolerancia a la incertidumbre y al riesgo, competencias esenciales en un mundo en constante cambio. En Estados Unidos existe una “cultura del fracaso”, un concepto ampliamente adoptado en el mundo de las start-ups y la innovación tecnológica, que promueve la idea de que el fracaso es un paso necesario para el progreso. Según Amy C. Edmondson, en su libro *The Fearless Organisation: Creating Psychological Safety in the Workplace for Learning, Innovation, and Growth*, el fracaso no debe verse como un contratiempo, sino como un paso crucial para la mejora y la innovación (Edmondson, 2019). Este enfoque considera el fracaso como una fuente de aprendizaje, en lugar de un signo de incapacidad. Si se aplica a la educación, podría transformar la forma en que los profesores se enfrentan a sus propios errores y a los de sus alumnos, animándolos a experimentar con estrategias de enseñanza innovadoras sin miedo al fracaso. En un entorno en el que el fracaso se acepta y se analiza de forma constructiva, los propios alumnos se vuelven más resilientes y desarrollan el pensamiento crítico y creativo esencial para afrontar los retos del futuro.

De cara al futuro, es crucial que las instituciones educativas enseñen no sólo a gestionar los errores, sino a integrarlos en metodologías de enseñanza cada vez más adaptativas. La inteligencia artificial, por ejemplo, podría utilizarse para analizar los errores más comunes de los alumnos y proporcionar a los profesores herramientas para tratarlos con mayor eficacia. Además, la educación debería evolucionar cada vez más hacia un modelo basado en el aprendizaje permanente, en el que los profesores puedan actualizar constantemente sus competencias mediante experiencias de aprendizaje interactivas y colaborativas. Por último, la promoción de una cultura positiva del error debe extenderse más allá de la escuela, implicando a las familias y a la sociedad. El reconocimiento del error como parte integrante del proceso de aprendizaje podría contribuir a formar ciudadanos más resilientes, capaces de afrontar los retos del futuro con espíritu crítico e innovador. Sólo así será posible construir un sistema educativo en el que el error deje de ser un tabú y se convierta en un trampolín para el crecimiento y el cambio.

Referencias bibliográficas

- Astolfi, J.P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris: ESF Éditeur.
- Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. *Book Excerpt*.
- Bloom, B. S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, 13(6), 4-16.
- Boud, D., Keogh, R., & Walker, D. (1985). *Reflection: Turning experience into learning*. London: Routledge.
- Brookfield, S. D. (2017). *Becoming a Critically Reflective Teacher*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Brown, T. (2009). *Change by design: How design thinking creates new alternatives for business and society*. HarperCollins.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*, 9-15.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York: Collier Macmillan.
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. New York: Random House.
- Edmondson, A. C. (2019). *The Fearless Organization: Creating Psychological Safety in the Workplace for Learning, Innovation, and Growth*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Eraut, M. (1994). *Developing professional knowledge and competence*. London: Routledge.



- Eubanks, V. (2018). *Automating Inequality: How High-Tech Tools Profile, Police, and Punish the Poor*. New York: St. Martin's Press.
- Grawemeyer, B., Mavrikis, M., Holmes, W., & Gutierrez-Santos, S. (2015). *Adapting Feedback Types According to Students' Affective States*. En *Proceedings of the 17th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2015)*.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Holmes, W., Mavrikis, M., Hansen, A., & Grawemeyer, B. (2015). *Purpose and Level of Feedback in an Exploratory Learning Environment for Fractions*. En *Proceedings of the 17th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2015)*.
- Janning, R., Schatten, C., & Schmidt-Thieme, L. (2014). *Feature Analysis for Affect Recognition Supporting Task Sequencing in Adaptive Intelligent Tutoring Systems*. En *Proceedings of the 9th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2014)*.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1989). *Cooperation and competition: Theory and research*. Edina: Interaction Book Company.
- Johnson-Glenberg, M. C. (2018). Immersive VR and education: Embodied design principles that include gesture and hand controls. *Frontiers in Robotics and AI*, 5, 81.
- Kapp, K. M. (2021). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. San Francisco: Pfeiffer.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Lewis, J. M., Fischman, D., Riggs, I., & Wasserman, K. (2013). Teacher learning in lesson study. *The Mathematics Enthusiast*, 10(3), 583-620.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. London: Pearson Education.
- Makrasky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1141-1164.
- Makrasky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236.
- Meyer, M., & Schubert, K. (2020). *Error-Based Learning in STEM Education: Designing for Resilience*. *Journal of Educational Technology Research*, 32(4), 520-535.
- Mezirow, J. (2018). *Transformative Dimensions of Adult Learning*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780.
- Morin, E. (1999). *La tête bien faite: Repenser la réforme, réformer la pensée*. Paris: Seuil.
- Morin, E. (2000). *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*. Paris: UNESCO.
- Murphy, R., Gallagher, L., Krumm, A., Mislevy, J., & Hafter, A. (2014). *Research on the use of Khan Academy in schools: Research brief*. SRI International.
- Noble, S. U. (2018). *Algorithms of Oppression: How Search Engines Reinforce Racism*. New York: NYU Press.
- O'Neil, C. (2016). *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. New York: Crown Publishing.



- Perrenoud, P. (2001). Developing reflective practice in the profession of teaching. In A. Craft, J. Soler, & H. Burgess (Eds.), *Teacher development: Exploring our own practice* (pp. 15-31). London: Routledge.
- Piaget, J. (1970). *The science of education and the psychology of the child*. New York: Viking.
- Sahlberg, P. (2021). *Finnish lessons 3.0: What can the world learn from educational change in Finland?* New York: Teachers College Press.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351-371.
- Smith, J., Brown, K., & Taylor, L. (2022). Learning from mistakes: Cognitive and affective impacts of error-based learning strategies. *Journal of Educational Psychology*, 114(3), 381-396.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. San Rafael: Buck Institute for Education.
- Topping, K. J. (2005). *Peer assisted learning: A practical guide for teachers*. Cambridge: Brookline Books.
- Tripp, D. (1993). *Critical incidents in teaching: Developing professional judgement*. London: Routledge.
- Vesselinov, R., & Grego, J. (2012). *Duolingo effectiveness study*. City University of New York & University of South Carolina.