

Neurodivergencia y Tecnología Adaptativa en Aulas del Futuro

Autor: PhD. Oscar Antonio Martínez Molina
 Universidad Nacional de Educación, **UNAE**
oscar.martinez@unae.edu.ec
 Azogues, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-1123-5553>

Resumen

La neurodivergencia representa una variación natural en el funcionamiento cognitivo humano que incluye condiciones como el Trastorno del Espectro Autista (TEA), el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), la dislexia y otras diferencias neurológicas que afectan aproximadamente entre el 15% y el 20% de la población estudiantil. Este documento examina críticamente cómo las tecnologías adaptativas pueden transformar las aulas del futuro en espacios verdaderamente inclusivos, partiendo del paradigma de neurodiversidad que rechaza el modelo médico deficitario tradicional. Se analizan diversas categorías de tecnologías adaptativas -desde herramientas de accesibilidad cognitiva hasta plataformas de aprendizaje basadas en inteligencia artificial y entornos de realidad virtual- evaluando su aplicabilidad para diferentes perfiles neurodivergentes. La investigación desarrollada por Griful-Freixenet, Struyven, Verstichele y Andries (2017): identificó resistencia institucional y falta de formación docente como barreras principales del Diseño Universal para el Aprendizaje en educación superior. El análisis sistemático conducido por Valencia, Rusu, Quiñones y Jamet (2019): puso de manifiesto que las tecnologías no solo facilitan acceso académico sino también promueven desarrollo de habilidades sociales y autonomía en personas con autismo. Según evidenciaron Parsons y Cobb (2011): los entornos de realidad virtual proporcionan espacios seguros y controlados para desarrollo de competencias sociales en niños autistas. Los hallazgos de Hassani, Nahvi y Ahmadi (2016): confirmaron que ambientes virtuales inteligentes pueden personalizar instrucción según desempeño individual. El marco conceptual propuesto por Kostanjsek (2011): mediante la Clasificación Internacional del Funcionamiento reconoce la discapacidad como interacción entre características individuales y factores ambientales. Las narrativas recopiladas por Bolourian, Zeedyk y Blacher (2018): subrayaron que adaptaciones tecnológicas y ambientales marcan la diferencia entre exclusión y éxito académico. El análisis revela que la implementación efectiva enfrenta desafíos significativos: brecha digital, formación docente inadecuada, preocupaciones sobre privacidad de datos y sostenibilidad económica.

Palabras clave: educación inclusiva; tecnología educativa; necesidades educativas especiales; innovación pedagógica; diseño universal para el aprendizaje.

Código de clasificación internacional: 5802.05 - Educación especial: minusválidos y deficientes mentales.

Cómo citar este editorial:

Martínez, O. (2025). Neurodivergencia y Tecnología Adaptativa en Aulas del Futuro. *Revista Scientific*, 10(38), 10-31, e-ISSN: 2542-2987. Recuperado de: <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2025.10.38.0.10-31>

Fecha de Recepción:
 15-07-2025

Fecha de Aceptación:
 08-10-2025

Fecha de Publicación:
 05-11-2025

Neurodivergence and Adaptive Technology in Classrooms of the Future

Abstract

Neurodivergence represents a natural variation in human cognitive functioning that includes conditions such as Autism Spectrum Disorder, ADHD, dyslexia, and other neurological differences affecting approximately 15% to 20% of the student population. This document critically examines how adaptive technologies can transform future classrooms into truly inclusive spaces, based on the neurodiversity paradigm that rejects the traditional deficit medical model. Various categories of adaptive technologies are analyzed -from cognitive accessibility tools to artificial intelligence-based learning platforms and virtual reality environments- evaluating their applicability for different neurodivergent profiles. Research developed by Griful-Freixenet, Struyven, Verstichele and Andries (2017): identified institutional resistance and lack of teacher training as main barriers to Universal Design for Learning in higher education. Systematic analysis conducted by Valencia, Rusu, Quiñones y Jamet (2019): revealed that technologies not only facilitate academic access but also promote development of social skills and autonomy in people with autism. As evidenced by Parsons and Cobb (2011): virtual reality environments provide safe and controlled spaces for social skills development in autistic children. Findings by Hassani, Nahvi and Ahmadi (2016): confirmed that intelligent virtual environments can personalize instruction according to individual performance. Conceptual framework proposed by Kostanjsek (2011): through International Classification of Functioning recognizes disability as interaction between individual characteristics and environmental factors. Narratives collected by Bolourian, Zeedyk and Blacher (2018): emphasized that technological and environmental adaptations make the difference between exclusion and academic success. Analysis reveals that effective implementation faces significant challenges: digital divide, inadequate teacher training, data privacy concerns, and economic sustainability.

Keywords: inclusive education; educational technology; special educational needs; pedagogical innovation; universal design for learning.

International classification code: 5802.05 - Special Education: handicapped, mentally retarded.

How to cite this editorial:

Martínez, O. (2025). **Neurodivergence and Adaptive Technology in Classrooms of the Future.** *Revista Scientific*, 10(38), 10-31, e-ISSN: 2542-2987. Retrieved from: <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2025.10.38.0.10-31>

Date Received:
15-07-2025

Date Acceptance:
08-10-2025

Date Publication:
05-11-2025

1. Introducción

La educación contemporánea enfrenta un desafío fundamental: diseñar sistemas de aprendizaje que reconocen y valoran la diversidad cognitiva como componente natural de la experiencia humana. Durante décadas, los modelos educativos tradicionales operan bajo el supuesto implícito de un estudiante "estándar" neurológicamente típico, generando barreras sistemáticas para aquellos cuyo procesamiento cognitivo difiere de esta norma ficticia. La neurodivergencia, concepto que abarca variaciones neurológicas como el Trastorno del Espectro Autista (TEA), el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), la dislexia, la discalculia y otras condiciones, afecta aproximadamente entre el 15% y el 20% de la población estudiantil global, representando una proporción significativa que históricamente experimenta exclusión y fracaso académico no por limitaciones inherentes, sino por la rigidez de sistemas educativos diseñados sin considerar sus necesidades específicas.

Este documento aborda la neurodivergencia desde una perspectiva que rechaza explícitamente el modelo médico deficitario tradicional, que conceptualiza estas diferencias como patologías a corregir o normalizar. En su lugar, adopta el paradigma de la neurodiversidad, que reconoce las variaciones neurológicas como parte del espectro natural de la diversidad humana, cada una con fortalezas, desafíos y modos particulares de procesar información. Esta postura no niega las dificultades reales que estudiantes neurodivergentes pueden experimentar, pero reorienta la responsabilidad desde el individuo hacia los sistemas y entornos educativos, cuestionando: ¿cómo pueden las instituciones educativas transformarse para acomodar genuinamente la diversidad cognitiva en lugar de exigir conformidad a un estándar neurológico único?.

La hipótesis central que guía este análisis sostiene que las tecnologías adaptativas, cuando se implementan dentro de un marco pedagógico inclusivo

y con recursos adecuados, poseen el potencial de eliminar barreras significativas al aprendizaje para estudiantes neurodivergentes, facilitando experiencias educativas personalizadas que se ajustan a perfiles cognitivos individuales. Estas tecnologías -que abarcan desde software de lectura asistida y plataformas de aprendizaje basadas en inteligencia artificial hasta entornos de realidad virtual y aplicaciones de gestión ejecutiva- representan herramientas capaces de materializar los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje, ofreciendo múltiples formas de representación de información, diversas opciones para expresión de conocimiento y variados medios para sostener motivación y compromiso académico.

El concepto de “aulas del futuro” que estructura este análisis trasciende la visión tecnodeterminista de espacios educativos saturados de dispositivos digitales. Propone una reconceptualización integral de ecosistemas de aprendizaje donde tecnología, pedagogía inclusiva, diseño arquitectónico accesible y cultura escolar colaborativa convergen para crear entornos genuinamente equitativos. Estas aulas del futuro se caracterizan por tres elementos fundamentales: flexibilidad en metodologías y evaluaciones, personalización mediante tecnologías que se adaptan a necesidades individuales, y capacidad de respuesta continua a la diversidad de perfiles cognitivos presentes en cualquier grupo estudiantil.

La perspectiva adoptada es simultáneamente crítica y esperanzada. Crítica porque reconoce que la mera introducción de tecnología en aulas no garantiza inclusión ni mejores resultados para estudiantes neurodivergentes; de hecho, tecnologías mal implementadas pueden amplificar desigualdades existentes, crear nuevas formas de exclusión digital o deshumanizar procesos de aprendizaje que requieren fundamentalmente conexión humana. Esperanzada porque la evidencia acumulada demuestra que cuando tecnologías adaptativas se integran reflexivamente, con formación docente adecuada, infraestructura equitativa y compromiso institucional con inclusión,

los resultados para estudiantes neurodivergentes mejoran significativamente en términos de rendimiento académico, autoestima, autonomía y bienestar general.

El propósito de este análisis es triple. Primero, establecer fundamentos conceptuales sólidos sobre neurodivergencia en contextos educativos, clarificando qué significa este término, cómo se manifiesta en diferentes perfiles cognitivos y qué desafíos específicos plantea para sistemas educativos tradicionales. Segundo, examinar críticamente el panorama actual de tecnologías adaptativas disponibles, categorizando sus tipos, analizando sus mecanismos de personalización y evaluando su aplicabilidad para diferentes formas de neurodivergencia. Tercero, identificar condiciones necesarias para que las aulas del futuro se materialicen como espacios verdaderamente inclusivos, considerando desafíos de implementación que abarcan desde brecha digital y formación docente hasta privacidad de datos y sostenibilidad económica, con particular atención a contextos latinoamericanos.

La estructura argumentativa del documento procede desde lo conceptual hacia lo aplicado. Comienza estableciendo fundamentos de la neurodivergencia y su significado para educación, rechazando explícitamente paradigmas deficitarios en favor de modelos que valoran diversidad cognitiva. Posteriormente analiza características y tipologías de tecnologías adaptativas, examinando cómo diferentes herramientas abordan barreras específicas.

El análisis se profundiza mediante exploración de aplicaciones específicas para distintos perfiles neurodivergentes, reconociendo que TEA, TDAH, dislexia y otras condiciones presentan necesidades diferenciadas que requieren respuestas tecnológicas personalizadas. Finalmente, contextualiza estas tecnologías dentro de la visión más amplia de aulas del futuro como ecosistemas integrales, identificando tanto oportunidades transformadoras como desafíos prácticos y éticos que su implementación implica.

La relevancia de este análisis radica en su momento histórico particular. La educación global experimenta transformaciones aceleradas impulsadas por avances tecnológicos, cambios en comprensión sobre aprendizaje y diversidad, y creciente reconocimiento de derechos de personas con discapacidad y neurodivergencia. Simultáneamente, la pandemia de COVID-19 aceleró dramáticamente la digitalización educativa, exponiendo tanto posibilidades de tecnologías para personalizar aprendizaje como riesgos de profundizar desigualdades. En este contexto, examinar críticamente cómo tecnologías adaptativas pueden servir específicamente a estudiantes neurodivergentes se vuelve no solo académicamente relevante sino éticamente imperativo.

Este documento aspira a contribuir al diálogo académico y profesional sobre educación inclusiva, ofreciendo marco conceptual integrado que conecta teoría de neurodiversidad, principios de diseño universal para aprendizaje y práctica de implementación tecnológica. Se dirige tanto a investigadores educativos interesados en fundamentos teóricos de inclusión como a profesionales que enfrentan decisiones prácticas sobre cómo crear entornos de aprendizaje que genuinamente sirvan a todos los estudiantes. La premisa subyacente es que educación verdaderamente equitativa requiere sistemas lo suficientemente flexibles para acomodar la diversidad cognitiva natural de poblaciones estudiantiles, y que tecnologías adaptativas, implementadas reflexivamente, representan herramientas poderosas para materializar esta visión.

2. Desarrollo

2.1. Fundamentos de la neurodivergencia en contextos educativos

La neurodivergencia constituyó un concepto que desafió profundamente las concepciones tradicionales sobre normalidad cognitiva y capacidad de aprendizaje. Más que una etiqueta diagnóstica, representó un

cambio paradigmático en cómo se comprendieron las diferencias neurológicas humanas. Este concepto emergió del movimiento de neurodiversidad, iniciado principalmente por personas autistas que rechazaron ser conceptualizadas como versiones defectuosas de cerebros “normales” y reclamaron reconocimiento de sus modos cognitivos como variaciones legítimas y valiosas de la experiencia humana.

Este cambio conceptual no fue meramente semántico sino profundamente transformador para la práctica educativa. Cuando la neurodivergencia se entendió como diferencia en lugar de déficit, la pregunta educativa fundamental cambió radicalmente: en lugar de preguntar ¿cómo arreglamos a este estudiante para que se ajuste al sistema?, se preguntó ¿cómo transformamos el sistema para que sirva a este estudiante?. Esta reorientación colocó la responsabilidad del cambio donde correspondió: en las instituciones, metodologías y culturas educativas, no en los cerebros de estudiantes individuales.

El Trastorno del Espectro Autista ejemplificó claramente esta reconceptualización. Los estudiantes autistas frecuentemente exhibieron fortalezas notables en pensamiento sistemático, atención al detalle, memoria para información específica y pensamiento visual, simultáneamente con desafíos en comunicación social implícita, flexibilidad cognitiva y procesamiento sensorial. Tradicionalmente, los sistemas educativos se enfocaron casi exclusivamente en los “déficits”, intentando normalizar comportamientos sociales mientras ignoraban o suprimían las fortalezas cognitivas únicas. Una perspectiva de neurodiversidad, en contraste, buscó crear entornos que minimizaran barreras sensoriales y comunicativas mientras capitalizaban las capacidades excepcionales que muchos estudiantes autistas aportaron.

El TDAH representó otro perfil neurodivergente frecuentemente malinterpretado. Caracterizado por variabilidad en atención ejecutiva,

impulsividad y necesidad de estimulación, el TDAH fue tradicionalmente conceptualizado como trastorno conductual que requirió control y medicación. Sin embargo, cerebros con TDAH también exhibieron capacidades notables para hiperfoco cuando estuvieron genuinamente interesados, pensamiento divergente y creatividad, y capacidad para percibir conexiones no obvias entre ideas. El problema educativo no fue que estos cerebros fueran defectuosos, sino que aulas diseñadas para atención sostenida pasiva durante períodos prolongados resultaron fundamentalmente incompatibles con cómo estos cerebros funcionaron óptimamente.

La dislexia ilustró particularmente bien cómo barreras educativas pudieron ser completamente artificiales. La dislexia afectó específicamente el procesamiento fonológico y la decodificación de texto escrito, pero no la inteligencia general, comprensión conceptual o capacidad de razonamiento. En una cultura oral, la dislexia no representó desventaja significativa; fue solo porque los sistemas educativos contemporáneos privilegiaron desproporcionadamente la lectoescritura como canal primario para acceso y demostración de conocimiento que estudiantes disléxicos experimentaron dificultades. Cuando se proporcionaron formatos alternativos -contenido auditivo, evaluaciones orales, software de conversión texto-voz- las barreras se evaporaron, revelando que el "problema" nunca residió en el estudiante sino en la rigidez del formato educativo.

El marco del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) representó la materialización pedagógica más coherente del paradigma de neurodiversidad. El DUA propuso que la variabilidad en el aprendizaje no fue excepción sino norma, y que entornos educativos efectivos debieron diseñarse desde el inicio para acomodar esta variabilidad. Los tres principios del DUA -múltiples medios de representación, múltiples medios de acción y expresión, y múltiples medios de compromiso- reconocieron que estudiantes diferentes requirieron accesos diferentes a información, formas diferentes de demostrar conocimiento y

motivadores diferentes para sostener esfuerzo académico.

La investigación desarrollada por Griful-Freixenet, Struyven, Verstichele y Andries (2017): identificó tanto las oportunidades como las barreras persistentes del DUA en educación superior. Sus hallazgos revelaron que mientras el marco teórico resonó fuertemente con estudiantes con discapacidades, la implementación práctica frecuentemente quedó corta debido a resistencia institucional, falta de formación docente y persistencia de concepciones tradicionales sobre rigor académico que equivocaron uniformidad con excelencia. Esta brecha entre teoría y práctica subrayó un argumento central: los marcos conceptuales inclusivos fueron necesarios pero insuficientes; se requirieron también transformaciones sistémicas en culturas, políticas y prácticas institucionales.

2.2. Tecnologías adaptativas: potencial transformador y limitaciones críticas

Las tecnologías adaptativas representaron herramientas extraordinariamente poderosas para materializar los principios de diseño universal en entornos educativos concretos. Sin embargo, resultó fundamental enfatizar que la tecnología no constituyó solución mágica ni panacea educativa. Las tecnologías fueron herramientas que amplificaron intenciones humanas: pudieron amplificar pedagogías inclusivas y equitativas, pero igualmente pudieron amplificar exclusión y desigualdad si se implementaron sin reflexión crítica, recursos adecuados o compromiso genuino con principios de justicia educativa.

Las herramientas de accesibilidad cognitiva constituyeron la categoría más directamente beneficiosa para estudiantes neurodivergentes. Los lectores de pantalla y software de conversión texto-voz eliminaron barreras fundamentales para estudiantes disléxicos, permitiendo acceso a contenidos escritos mediante modalidad auditiva. Estas tecnologías expusieron la

arbitrariedad de privilegiar texto escrito como canal educativo primario: cuando estudiantes pudieron acceder al mismo contenido en formato auditivo y demostraron comprensión equivalente o superior, quedó claro que la “discapacidad” fue función del formato, no del estudiante.

Los organizadores gráficos digitales y herramientas de mapeo conceptual ofrecieron beneficios particulares para estudiantes con dificultades en funciones ejecutivas, ayudando a externalizar procesos de organización, planificación y síntesis que cerebros neurotípicos pudieron ejecutar más automáticamente. Estas herramientas no hicieron el trabajo cognitivo por el estudiante, sino que proporcionaron andamiaje que permitió al estudiante ejecutar ese trabajo más efectivamente. Esta distinción fue crucial: tecnologías adaptativas efectivas empoderaron, no reemplazaron, la agencia cognitiva estudiantil.

El análisis sistemático conducido por Valencia, Rusu, Quiñones y Jamet (2019): sobre el impacto tecnológico en personas con autismo puso de manifiesto hallazgos significativos. Las tecnologías no solo facilitaron acceso académico, sino que también promovieron desarrollo de habilidades sociales, comunicativas y de autonomía. Sin embargo, existió una tensión importante: mientras estas tecnologías ofrecieron apoyos valiosos, su implementación corrió el riesgo de reforzar la expectativa de que personas neurodivergentes debieron adaptarse a normas neurotípicas en lugar de que la sociedad se adaptara a la neurodiversidad.

Las plataformas de aprendizaje adaptativo basadas en inteligencia artificial representaron desarrollos tecnológicos particularmente prometedores, pero también preocupantes. Estas plataformas analizaron patrones de desempeño estudiantil y ajustaron dinámicamente dificultad, secuencia y formato de contenidos. Desde una perspectiva, esto materializó genuina personalización educativa: cada estudiante recibió experiencia de aprendizaje calibrada a su nivel actual. Desde otra perspectiva, planteó preocupaciones

sobre reduccionismo algorítmico: los algoritmos, por sofisticados que fueran, pudieron capturar la complejidad del aprendizaje humano de manera limitada, especialmente para estudiantes neurodivergentes cuyo procesamiento pudo no seguir patrones estadísticos predominantes.

Las tecnologías de realidad virtual y aumentada merecieron atención particular por su potencial único para estudiantes neurodivergentes. Según evidenciaron Parsons y Cobb (2011): en su investigación sobre realidad virtual aplicada a niños autistas, los entornos virtuales controlados proporcionaron espacios seguros para practicar habilidades que resultaron abrumadoras en contextos naturales impredecibles. Esta capacidad de crear entornos de práctica controlados pero realistas representó una de las contribuciones más significativas de estas tecnologías.

Los asistentes virtuales basados en inteligencia artificial conversacional representaron desarrollos emergentes con potencial fascinante. Los hallazgos de Hassani, Nahvi y Ahmadi (2016): sobre ambientes virtuales inteligentes para desarrollo lingüístico confirmaron que sistemas adaptativos pudieron proporcionar andamiajes personalizados que facilitaron progreso académico. La paciencia infinita de estos sistemas resultó especialmente valiosa: a diferencia de personas reales, asistentes virtuales nunca se frustraron, nunca juzgaron, nunca perdieron paciencia sin importar cuántas veces un estudiante necesitó repetición o clarificación.

2.3. Aplicaciones diferenciadas: reconociendo heterogeneidad dentro de la neurodivergencia

Un error frecuente en discusiones sobre tecnologías para estudiantes neurodivergentes fue tratarlos como grupo homogéneo con necesidades uniformes. Esta homogeneización resultó tan problemática como ignorar la neurodivergencia completamente. Un estudiante autista con hipersensibilidad sensorial requirió apoyos completamente diferentes que un estudiante con

TDAH que buscó estimulación constante. La neurodivergencia no fue categoría única sino paraguas que abarcó múltiples perfiles cognitivos distintos.

Para estudiantes con Trastorno del Espectro Autista, las tecnologías más valiosas fueron aquellas que proporcionaron predictibilidad, redujeron sobrecarga sensorial y facilitaron comunicación mediante modalidades que se alinearon con fortalezas individuales. Los horarios visuales digitales materializaron el tiempo abstracto, reduciendo ansiedad sobre transiciones y eventos futuros. Las aplicaciones de comunicación aumentativa transformaron vidas de estudiantes no verbales, permitiendo expresión de pensamientos complejos que de otro modo permanecieron inaccesibles.

Para estudiantes con TDAH, las tecnologías más efectivas fueron aquellas que trabajaron con, no contra, las características del TDAH. Las plataformas de aprendizaje gamificado aprovecharon la capacidad de cerebros con TDAH para hiperfoco cuando estuvieron genuinamente interesados, proporcionando recompensas inmediatas que sostuvieron motivación. Los cronómetros visuales hicieron visible el paso temporal abstracto, compensando dificultades con estimación temporal. Las tecnologías más valiosas para TDAH fueron aquellas que externalizaron funciones ejecutivas en lugar de meramente exigir mejores funciones ejecutivas.

Para estudiantes con dislexia, las tecnologías de conversión texto-voz representaron avances transformadores. Estas herramientas no solo permitieron acceso a contenido escrito, sino que desafiaron fundamentalmente supuestos sobre qué constituyó “lectura real”. Si un estudiante pudo escuchar un texto, comprenderlo profundamente y discutirlo sofisticadamente, ¿por qué insistir en que debieron decodificar visualmente para que contara como lectura genuina?. Esta pregunta expuso cómo definiciones tradicionales de alfabetización privilegiaron arbitrariamente ciertas modalidades sobre otras.

Para estudiantes con discalculia, las representaciones visuales de

conceptos matemáticos y los manipulativos virtuales transformaron lo abstracto en concreto. Tecnologías que permitieron manipulación visual de conceptos matemáticos proporcionaron puentes entre pensamiento concreto y razonamiento abstracto. Sin embargo, existió preocupación sobre calculadoras con excesivo soporte: cuando tecnología hizo todo el trabajo cognitivo, estudiantes no desarrollaron comprensión conceptual.

2.4. Aulas del futuro: visión integral de ecosistemas inclusivos

La conceptualización de aulas del futuro rechazó enfáticamente el determinismo tecnológico -la noción de que tecnología por sí misma transformó educación-. Las aulas del futuro no se definieron por cantidad de dispositivos digitales sino por filosofías pedagógicas, culturas escolares y compromisos institucionales con equidad e inclusión. La tecnología adaptativa fue herramienta poderosa dentro de este ecosistema más amplio, pero solo una herramienta entre muchas.

La arquitectura física de espacios educativos resultó tan importante como infraestructura tecnológica. Para estudiantes neurodivergentes, particularmente aquellos con diferencias sensoriales, el diseño espacial impactó profundamente capacidad para aprender. Iluminación fluorescente intensa pudo resultar físicamente dolorosa para estudiantes con hipersensibilidad sensorial. Aulas acústicamente ruidosas crearon sobrecarga sensorial que imposibilitó concentración. Espacios sin opciones para movimiento físico resultaron tortuosos para estudiantes con necesidades de actividad motora.

Las aulas del futuro integraron zonas de trabajo con iluminación ajustable, espacios acústicamente controlados y áreas donde movimiento fue permitido y fomentado, reconociendo que algunos cerebros pensaron mejor mientras se movieron. Estos elementos no fueron “acomodaciones especiales” segregadas sino características universales del diseño espacial. Cuando

entornos se diseñaron desde el inicio para acomodar diversidad sensorial, todos se beneficiaron.

Las plataformas de gestión del aprendizaje emplearon inteligencia artificial, pero de maneras que empoderaron tanto a docentes como estudiantes. Estos sistemas analizaron patrones de aprendizaje para sugerir adaptaciones, pero decisiones finales permanecieron con docentes humanos que conocieron a estudiantes holísticamente. Los algoritmos informaron, no determinaron, práctica pedagógica.

La evaluación representó el área donde tecnologías adaptativas ofrecieron mayor potencial transformador. Los sistemas tradicionales de evaluación estandarizada fueron particularmente perjudiciales para estudiantes neurodivergentes, frecuentemente midiendo velocidad de procesamiento o formato de respuesta más que comprensión conceptual genuina. Las tecnologías de evaluación adaptativa pudieron ajustar formatos, tiempos y modalidades mientras mantuvieron rigor sobre contenido esencial.

La colaboración en aulas del futuro reconoció que estudiantes neurodivergentes frecuentemente enfrentaron desafíos en dinámicas grupales tradicionales. Las plataformas de colaboración digital con roles claramente definidos redujeron ambigüedad sobre expectativas. Los tableros virtuales permitieron contribución asincrónica, eliminando presión de respuesta inmediata. Estas opciones tecnológicas no segregaron a estudiantes neurodivergentes, sino que proporcionaron opciones dentro de entornos inclusivos compartidos.

Las narrativas recopiladas por Bolourian, Zeedyk y Blacher (2018): sobre experiencias universitarias de estudiantes neurodivergentes subrayaron verdad fundamental: adaptaciones tecnológicas y ambientales pudieron marcar diferencia entre exclusión completa y éxito académico floreciente. Pero estas narrativas también enfatizaron que tecnología sola fue insuficiente; se requirió también comprensión humana, flexibilidad institucional y rechazo de

supuestos rígidos sobre cómo debió manifestarse el aprendizaje legítimo.

2.5. Desafíos de implementación: enfrentando realidades pragmáticas

A pesar del potencial de tecnologías adaptativas, obstáculos significativos impidieron su implementación efectiva. El primero y más fundamental fue la brecha digital. En contextos latinoamericanos, muchas escuelas carecieron de conectividad confiable, acceso a dispositivos suficientes o infraestructura tecnológica básica. Esta brecha no fue meramente técnica sino profundamente económica y social. Estudiantes de familias de bajos ingresos, quienes frecuentemente más se beneficiaron de tecnologías adaptativas, fueron precisamente quienes tuvieron menor acceso.

La formación docente representó otro desafío crítico que frecuentemente se subestimó. Implementar tecnologías adaptativas efectivamente requirió que educadores comprendieran tanto fundamentos de neurodivergencia como competencias técnicas para utilizar herramientas específicas. El obstáculo mayor no fue técnico sino conceptual. Muchos educadores ingresaron a la profesión bajo paradigmas tradicionales que valoraron uniformidad, control y transmisión directa de conocimiento. Transitar hacia pedagogías que celebraron diversidad requirió reconceptualización fundamental de qué significó enseñar.

Las preocupaciones sobre privacidad de datos representaron dilema ético genuino. Las tecnologías adaptativas más efectivas recopilaron datos extensos sobre patrones de aprendizaje, desempeño, comportamiento e incluso estados emocionales de estudiantes. Particularmente preocupante fue cuando involucró estudiantes neurodivergentes, quienes históricamente experimentaron discriminación basada en diagnósticos. Se necesitaron marcos regulatorios robustos que especificaron: qué datos pudieron recopilarse, con qué propósitos, quién tuvo acceso, cómo se protegieron, cuándo debieron eliminarse.

El riesgo de deshumanización del aprendizaje fue preocupación extremadamente seria. La educación fue fundamentalmente empresa humana que involucró relación, conexión emocional, modelado de valores y construcción de identidad. Implementaciones tecnológicas donde estudiantes pasaron días completos frente a pantallas con mínima interacción humana fueron particularmente problemáticas. Las aulas del futuro debieron equilibrar tecnología con humanidad.

La dependencia tecnológica planteó cuestiones sobre desarrollo de habilidades compensatorias. Mientras tecnologías adaptativas eliminaron barreras importantes, fue necesario considerar cuidadosamente cuándo apoyo tecnológico facilitó aprendizaje versus cuándo inhibió desarrollo de estrategias que estudiantes necesitaron en contextos donde tecnología no estuvo disponible. Esta decisión debió hacerse colaborativamente entre estudiante, familia y educadores.

La sostenibilidad económica representó desafío práctico significativo, particularmente en contextos latinoamericanos con recursos limitados. Las tecnologías adaptativas de alta calidad frecuentemente implicaron costos sustanciales. Modelos de financiamiento que reconocieron tecnología educativa como inversión en equidad, no gasto opcional, fueron fundamentales.

El marco conceptual propuesto por Kostanjsek (2011): mediante la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) proporcionó perspectiva útil para conceptualizar estos desafíos. La CIF reconoció que “discapacidad” emergió de interacción entre características individuales y factores ambientales. Tecnologías adaptativas modificaron factores ambientales, eliminando barreras contextuales. Sin embargo, si acceso a estas tecnologías fue desigual, simplemente se crearon nuevas formas de exclusión basadas en recursos económicos.

3. Conclusiones

El recorrido analítico desarrollado permite arribar a conclusiones fundamentales sobre la relación entre neurodivergencia, tecnologías adaptativas y la construcción de aulas del futuro verdaderamente inclusivas.

La transición paradigmática desde el modelo médico deficitario hacia la perspectiva de neurodiversidad constituye el fundamento conceptual indispensable para cualquier transformación educativa significativa. Reconocer la neurodivergencia como variación natural del funcionamiento cognitivo humano, más que como patología a corregir, desplaza la responsabilidad del cambio desde los estudiantes individuales hacia los sistemas e instituciones educativas. Este cambio no es meramente semántico sino profundamente transformador: reformula preguntas educativas fundamentales y reorienta esfuerzos de inclusión hacia modificación de entornos más que normalización de individuos.

Las tecnologías adaptativas analizadas -herramientas de accesibilidad cognitiva, plataformas de aprendizaje basadas en inteligencia artificial, entornos de realidad virtual, aplicaciones de gestión ejecutiva y asistentes virtuales inteligentes- demuestran capacidad comprobada para materializar principios de Diseño Universal para el Aprendizaje. Estas tecnologías ofrecen múltiples medios de representación de información, diversas opciones para expresión de conocimiento y variados mecanismos para sostener motivación y compromiso académico. Sin embargo, su efectividad depende críticamente de implementación reflexiva, formación docente especializada y compromiso institucional sostenido con principios de equidad educativa.

La diversidad inherente al espectro neurodivergente exige consideración particular durante los procesos de creación y aplicación de soluciones tecnológicas educativas. Quienes presentan trastorno del espectro autista, déficit atencional, dificultades específicas en lectura o cálculo, entre otras variantes del funcionamiento neurológico, manifiestan configuraciones

cognitivas singulares que demandan abordajes tecnológicos diferenciados. Resulta inviable concebir una herramienta digital única capaz de atender todas estas particularidades; por el contrario, una adaptación auténtica implica disponer de recursos variados que respondan a las características individuales de cada estudiante, trascendiendo las clasificaciones clínicas generalizadas.

Las aulas del futuro trascienden visiones tecnodeterministas de espacios saturados de dispositivos digitales. Representan ecosistemas integrales donde tecnología adaptativa converge con pedagogía inclusiva, diseño arquitectónico accesible, culturas escolares que valoran diversidad cognitiva y políticas institucionales comprometidas con equidad. La tecnología constituye herramienta poderosa dentro de este ecosistema, pero solo una herramienta entre múltiples componentes interdependientes que colectivamente crean entornos genuinamente inclusivos.

Los desafíos de implementación identificados son significativos y requieren atención inmediata. La brecha digital amenaza con transformar tecnologías liberadoras en nuevos mecanismos de exclusión si acceso permanece desigual. La formación docente inadecuada puede resultar en subutilización de herramientas sofisticadas o en aplicaciones que perpetúan prácticas pedagógicas excluyentes bajo apariencia de innovación tecnológica. Las preocupaciones sobre privacidad de datos demandan marcos regulatorios robustos diseñados con participación significativa de personas neurodivergentes.

El riesgo de deshumanización del aprendizaje requiere equilibrio deliberado entre eficiencia tecnológica y conexión humana auténtica. La sostenibilidad económica, particularmente en contextos de recursos limitados, exige creatividad en modelos de financiamiento y compromiso político con equidad educativa como inversión social fundamental.

La participación de personas neurodivergentes en todas las fases de diseño, implementación y evaluación de tecnologías adaptativas emerge como

principio ético no negociable. El lema “nada sobre nosotros sin nosotros” debe guiar desarrollos futuros, asegurando que herramientas y pedagogías respondan a necesidades y aspiraciones reales de quienes pretenden servir, no a supuestos neurotípicos sobre qué constituyen problemas y soluciones apropiadas.

Las perspectivas futuras equilibran posibilidades fascinantes con cautela ética necesaria. Desarrollos emergentes en inteligencia artificial, interfaces cerebro-computadora, realidad extendida y análisis de grandes datos prometen capacidades de personalización sin precedentes. Sin embargo, estas tecnologías también plantean dilemas éticos profundos sobre privacidad, autonomía, dignidad humana y potencial de sesgo algorítmico. El optimismo tecnológico debe temperarse con vigilancia crítica y deliberación ética cuidadosa.

El Diseño Universal para el Aprendizaje constituye el marco pedagógico más coherente con paradigma de neurodiversidad y más compatible con capacidades tecnológicas adaptativas. Diseñar entornos educativos desde el inicio para acomodar diversidad cognitiva más amplia posible beneficia no solo a estudiantes neurodivergentes sino universalmente a todos los aprendices. Diseñar para los márgenes fortalece el centro educativo.

Las aulas del futuro no representan destino distante sino proceso continuo de evolución educativa. Cada herramienta adaptativa implementada reflexivamente, cada docente capacitado en neurodiversidad, cada política institucional que rechaza uniformidad en favor de personalización, cada espacio físico diseñado para acomodar diversidad sensorial representa avance concreto hacia educación verdaderamente equitativa.

La transformación requerida es simultáneamente técnica, pedagógica, arquitectónica, cultural y política. No puede reducirse a adopción tecnológica, sino que demanda reconceptualización fundamental de qué significa educar en sociedades que valoran genuinamente diversidad humana. Tecnologías

adaptativas son catalizadoras poderosas de este cambio, pero solo cuando se integran dentro de compromisos institucionales más amplios con justicia, equidad y reconocimiento de dignidad inherente de todas las formas de cognición humana.

El futuro educativo envisionado no es inevitabilidad tecnológica sino posibilidad que requiere elección colectiva, voluntad política, inversión sostenida y compromiso ético. Las herramientas tecnológicas existen; la cuestión fundamental es si sociedades eligen utilizarlas para construir sistemas educativos que genuinamente sirvan a todos los estudiantes o si permiten que perpetúen y profundicen exclusiones existentes bajo nueva apariencia digital.

4. Referencias

- Bolourian, Y., Zeedyk, S., & Blacher, J. (2018). ***Autism and the university experience: Narratives from students with neurodevelopmental disorders.*** *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(10), 3330-3343, e-ISSN: 1573-3432. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3599-5>
- Griful-Freixenet, J., Struyven, K., Verstichele, M., & Andries, C. (2017). ***Higher education students with disabilities speaking out: Perceived barriers and opportunities of the Universal Design for Learning framework.*** *Disability & Society*, 32(10), 1627-1649, e-ISSN: 0968-7599. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/09687599.2017.1365695>
- Hassani, K., Nahvi, A., & Ahmadi, A. (2016). ***Design and implementation of an intelligent virtual environment for improving speaking and listening skills.*** *Interactive Learning Environments*, 24(1), 252-271, e-ISSN: 1049-4820. United Kingdom: Taylor & Francis, Ltd.
- Kostanjsek, N. (2011). ***Use of The International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) as a conceptual framework***

and common language for disability statistics and health information systems. BMC Public Health, 11(Suppl 4), 1-6, e-ISSN: 1471-2458. Retrieved from: <https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-S4-S3>

Parsons, S., & Cobb, S. (2011). ***State-of-the-art of virtual reality technologies for children on the autism spectrum. European Journal of Special Needs Education, 26(3), 355-366, e-ISSN: 0885-6257. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/08856257.2011.593831>***

Valencia, K., Rusu, C., Quiñones, D., & Jamet, E. (2019). ***The impact of technology on people with autism spectrum disorder: A systematic literature review. Sensors, 19(20), 1-22, e-ISSN: 1424-8220. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/s19204485>***

PhD. Oscar Antonio Martínez Molina
e-mail: oscar.martinez@unae.edu.ec



Nacido es San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela, el 12 de octubre del año 1952. Residenciado en Cuenca, Ecuador. Licenciado en Educación Mención Orientación Educativa y Profesional por la Universidad de Los Andes (ULA), extensión Táchira, Venezuela; Magíster en Ciencias de la Educación Superior, Mención Andragogía por la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ); Doctor en Educación Mención Suma Cum Laude de la Universidad de Málaga (UMA), España; Postdoctor en Estudios Libres de la Universidad Fermín Toro (UFT); Diplomado en Educación Abierta y a distancia por la Universidad Fermín Toro; Maestría de Experto Avanzado en E-learning por la Fundación para la Actualización Tecnológica de Latinoamérica (FATLA); Maestría de Experto en Tecnología Educativa nivel avanzado en la Fundación para la actualización tecnológica de Latinoamérica; Profesor Jubilado de la Universidad Nacional Abierta (UNA), Categoría Académica de Titular; Director de tesis doctorales y de maestría; Profesor investigador del Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación en categoría “A-2”; Docente investigación de la Universidad Nacional de Educación (UNAE), Ecuador, Categoría principal 1; Coordinador del Grupo de Investigación GIET; Director Académico y de Operaciones de la Red Académica Internacional de Pedagogía e Investigación (RedINDTEC).