Impacto de Herramientas Digitales e Inteligencia Artificial en el Rendimiento, Autonomía e Interacción Educativa de Estudiantes con Discapacidad Motriz

Impact of Digital Tools and Artificial Intelligence on the Academic Performance, Autonomy and Educational Interaction of Students with Motor Disabilities

[1]*Borja Flores Marjorie Carla* · [2]*Puente Echeverría Andrés Sebastián* · [3]*Manuel Reyes Wagnio* · [4]*Dayron Rumbaut Rangel*

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Fecha de recepción: 10 de julio de 2026.
Fecha de aceptación: 28 de octubre de 2026.
Fecha de publicación: 06 de noviembre de 2026.

[1]Borja Flores Marjorie Carla
https://orcid.org/0009-0008-5280-5317
Universidad Bolivariana del Ecuador
mcborjaf@ube.edu.ec

[2]Puente Echeverría Andrés Sebastián
https://orcid.org/0009-0000-7641-1234
Universidad Bolivariana del Ecuador
aspuentee@ube.edu.ec

[3]Manuel Reyes Wagnio
https://orcid.org/0000-0002-3102-0034
Universidad Bolivariana del Ecuador
Universidad de Guayaquil
mfreyesw@ube.edu.ec

[4]Dayron Rumbaut Rangel
https://orcid.org/0009-0001-9087-0979
Universidad Bolivariana del Ecuador
drumbautr@ube.edu.ec

RESUMEN

Introducción: las barreras de acceso y expresión limitan la participación de estudiantes con discapacidad motriz. Objetivo: analizar las diferencias en rendimiento académico, autonomía e interacción educativa asociadas con una intervención que integra herramientas digitales e inteligencia artificial. Métodos: se desarrolló un estudio cuasiexperimental con 40 estudiantes de una institución de Quito, distribuidos sin aleatorización documentada distribuidos en grupo experimental (n = 20) y grupo control (n = 20). Durante ocho semanas se trabajaron contenidos de Matemáticas de octavo año de Educación General Básica Superior. No se controlaron la tipología ni la severidad de la discapacidad. Se emplearon estadística descriptiva, prueba t y ANCOVA. Resultados: el rendimiento del grupo experimental alcanzó 8,7/10 frente a 7,1/10 del control ($p < 0,001$; $d = 1,98$). Bajo el supuesto de grupos independientes, el IC del 95 % de d se estimó en [1,21; 2,73]. El ANCOVA reportó $F(1, 37) = 42,3$ y η^2 parcial = 0,53. Se comunicaron mejoras en autonomía e interacción, cuya escala requiere confirmación. Conclusiones: los resultados sugieren una asociación favorable con el rendimiento; la magnitud del efecto exige cautela por la asignación no aleatoria, la ausencia de caracterización funcional y la falta de comprobación documentada de supuestos. Se requiere confirmar el grado de matrícula y la medición de los resultados secundarios antes de generalizar los hallazgos.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, educación inclusiva, discapacidad motriz, tecnología asistiva, accesibilidad, rendimiento académico

© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

ABSTRACT

Introduction: barriers to access and expression restrict the participation of students with motor disabilities. Objective: to examine differences in academic performance, autonomy, and educational interaction associated with an intervention combining digital tools and artificial intelligence. Methods: A quasi-experimental study was conducted with 40 students from an institution in Quito, who were assigned – without documented randomisation – to an experimental group (n = 20) and a control group (n = 20). Over a period of eight weeks, the mathematics syllabus for the eighth year of Upper General Basic Education was covered. Neither the type nor the severity of the disability was controlled for. Descriptive statistics, the t-test and ANCOVA were used. Results: the experimental group scored 8.7/10, compared with 7.1/10 in the control group ($p < .001$; $d = 1.98$). Assuming independent groups, the estimated 95% CI for d was [1.21, 2.73]. The reported ANCOVA yielded $F(1, 37) = 42.3$ and partial $\eta^2 = .53$.

Improvements in autonomy and interaction were reported, although their measurement scale requires confirmation. Conclusions: the findings suggest a favourable association with academic performance. The unusually large effect warrants caution because allocation was not randomized, functional characteristics were not documented, and statistical assumptions were not demonstrably checked. Enrolment grade and the measurement of secondary outcomes require confirmation before the findings can be generalized.

Palabras clave: Artificial Intelligence, inclusive education, motor disabilities, assistive technology, accessibility, academic performance

© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

INTRODUCCIÓN

La educación inclusiva supone que todo el alumnado tenga oportunidades de acceder al currículo, participar en las actividades y demostrar sus aprendizajes. La presencia física en el aula no equivale, por sí sola, a una participación efectiva. El informe de (UNESCO, 2020) sitúa la eliminación de barreras en el centro de este propósito y exige considerar las prácticas pedagógicas, los recursos y las condiciones de enseñanza. Para los estudiantes con discapacidad motriz, esta perspectiva permite distinguir las dificultades para ejecutar una tarea de las capacidades para comprender y resolver su contenido académico.

En Ecuador, (Chamorro-Pinchao et al., 2021) relacionan inclusión, buen vivir y legislación educativa, y plantean traducir la igualdad en experiencias escolares accesibles. Este antecedente orienta el estudio de la participación, pero no sustituye la evaluación institucional. (Bickenbach, 2011) destaca la necesidad de fundamentar las políticas sobre discapacidad en evidencia y experiencias diversas. Por ello, las tecnologías deben valorarse por su contribución a la actividad educativa y la autonomía, además de su disponibilidad.

Las tecnologías digitales ofrecen alternativas para presentar contenidos, responder y recibir retroalimentación; la IA añade reconocimiento del lenguaje y asistencia automatizada. Una plataforma o un teclado en pantalla no constituye necesariamente IA. (Zawacki-Richter et al., 2019), en educación superior, describen aplicaciones diversas y limitaciones de articulación pedagógica. (Holmes et al., 2023) también destacan que el valor educativo depende de decisiones docentes y objetivos, no únicamente de automatización.

La literatura ecuatoriana consultada aborda la inclusión digital desde perspectivas generales y documentales. (Arteaga-Tubay, 2024) examina los recursos tecnológicos y las condiciones de la educación inclusiva, pero su diseño bibliográfico no estima diferencias pretest-postest en estudiantes con discapacidad motriz. En los antecedentes revisados no se identifica una evaluación directamente comparable que integre rendimiento matemático, autonomía e interacción educativa en este grupo, con caracterización funcional y seguimiento escolar. Este vacío delimitado no implica que no existan otros estudios nacionales; indica que la evidencia citada resulta insuficiente para anticipar la magnitud y las condiciones de los resultados en el contexto de esta investigación.

La implementación depende del entorno institucional. (Landa-Blanco, 2026) analiza acceso y gobernanza de IA en países de ingresos bajos y medios. (Henadirage & Gunarathne, 2025), en educación superior de Sri Lanka, identifican barreras de formación, políticas y confiabilidad de la información. Aunque no ofrecen estimaciones transferibles a escolares ecuatorianos con discapacidad motriz, justifican examinar dispositivos, conectividad, acompañamiento pedagógico y verificación de respuestas automatizadas.

La discapacidad motriz comprende perfiles funcionales heterogéneos y no permite inferir, por sí sola, las capacidades cognitivas o comunicativas. La accesibilidad requiere considerar la interacción entre características individuales y exigencias del entorno, perspectiva compatible con la revisión del Informe mundial sobre la discapacidad realizada por (Seelman, 2011). Las barreras pueden surgir al escribir, seleccionar elementos pequeños en una pantalla, mantener una postura o manipular materiales. En consecuencia, la selección de apoyos no debe basarse únicamente en una categoría diagnóstica, sino en las tareas que cada estudiante necesita realizar y en sus posibilidades de acceso. La pregunta de investigación es: ¿qué diferencias en rendimiento académico, autonomía e interacción educativa se observan entre estudiantes con discapacidad motriz que participan en una intervención con herramientas digitales e IA y quienes reciben enseñanza habitual? El estudio se circunscribe a una institución de Quito y ocho semanas; su diseño no permite demostrar causalidad.

La hipótesis nula (H_0) plantea ausencia de diferencias entre grupos tras la intervención. La hipótesis de investigación (H_1) anticipa puntuaciones superiores en el grupo experimental en rendimiento, autonomía e interacción. Se utiliza significancia bilateral de 0,05. El contraste del rendimiento se distingue del análisis exploratorio de autonomía e interacción, cuya escala requiere verificación. La ausencia de significación en el pretest no demuestra equivalencia ni descarta diferencias en variables no medidas.

El objetivo general consiste en analizar las diferencias en rendimiento académico, autonomía e interacción educativa asociadas con la aplicación de herramientas digitales e IA en estudiantes con discapacidad motriz de un contexto escolar ecuatoriano.

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

Los objetivos específicos son:

a. comparar el rendimiento académico del grupo experimental y del grupo control antes y después de la intervención.

b. examinar los cambios reportados en autonomía e interacción educativa.

c. describir el uso de las herramientas y discutir su pertinencia funcional.

Esta delimitación responde al vacío identificado al aportar una evaluación situada, cuyo alcance depende de la calidad de la medición y del control de las diferencias entre grupos.

El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) fundamenta la intervención mediante la provisión de alternativas para la implicación, la representación y la acción y expresión. (Moore et al., 2020) ilustran su aplicación al diseño de actividades con opciones de participación y acceso. En este estudio, el dictado y las interfaces adaptativas se relacionan con las formas de expresión; los materiales accesibles, con la representación; y la organización de actividades y apoyos, con la participación. Esta correspondencia constituye una justificación pedagógica de los recursos, sin implicar que se haya evaluado formalmente la fidelidad de implementación del DUA.

La tecnología debe integrarse en tareas con objetivos, criterios de evaluación y apoyos definidos. (Arteaga-Tubay, 2024) señala la relación entre recursos y aprendizaje inclusivo, mientras que (Selwyn, 2016) cuestiona los discursos que atribuyen mejoras educativas automáticas a la innovación tecnológica. Por tanto, la pertinencia de una herramienta se valora por la barrera que permite reducir y por la actividad que facilita. La frecuencia de utilización puede informar sobre su adopción, pero no demuestra, por sí sola, eficacia, satisfacción ni adecuación para todos los perfiles funcionales.

El acceso por voz puede reducir barreras de escritura, pero depende de la inteligibilidad del habla, el vocabulario, el ruido y la corrección de errores. Un mismo diagnóstico puede implicar necesidades comunicativas diferentes; no se presupone beneficio universal. La evaluación de accesibilidad debe ofrecer otras modalidades de entrada y evitar que una adaptación introduzca nuevas barreras. (McNicholl et al., 2021) describen aportes de la tecnología asistiva al desempeño y la participación en educación superior. Sus resultados constituyen un antecedente conceptual, no prueba directa de eficacia escolar. En Matemáticas, los apoyos deben permitir expresar procedimientos y símbolos para evaluar comprensión, además de producción de texto.

Las barreras escolares relacionadas con la discapacidad motriz trascienden el desplazamiento. (Sedláčková et al., 2025) sintetizan experiencias de estudiantes con discapacidad física y describen obstáculos de acceso y participación en entornos inclusivos. (Esquivel et al., 2024), en un estudio cualitativo sobre tecnología asistiva y aprendizaje matemático, muestran la relevancia de los factores ambientales y del ajuste entre tareas y apoyos. Estos antecedentes justifican examinar conjuntamente herramientas, actividades y condiciones de uso. También advierten que la presencia de recursos tecnológicos no permite asumir que todos los estudiantes recibieron una intervención equivalente o que las diferencias funcionales dejaron de influir en los resultados.

(Zhang et al., 2026) integran 29 estudios experimentales o cuasiexperimentales sobre IA y discapacidad en un metaanálisis publicado en línea en 2024 y reportan un efecto promedio moderado. Sus poblaciones no representan específicamente la discapacidad motriz en Ecuador. Este antecedente orienta la comparación de magnitudes, pero no predice el efecto de una intervención escolar concreta ni sustituye la evaluación individual de accesibilidad.

El estudio compara un programa combinado de herramientas digitales e IA con enseñanza habitual, con referencia a contenidos matemáticos de octavo año de Educación General Básica Superior. El DUA vincula las alternativas de acceso y expresión con los objetivos de rendimiento, autonomía e interacción. El diseño explora asociaciones, sin separar el aporte de cada herramienta o del acompañamiento. La metodología expone estas condiciones y sus limitaciones.

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

MÉTODOS DISEÑO Y PARTICIPANTES

Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental de pretest y postest con grupo control. Participaron 40 estudiantes con discapacidad motriz procedentes de cinco aulas de una institución educativa de Quito, Ecuador. La selección fue intencional y la conformación de los grupos respondió a la organización y disponibilidad institucional: 20 estudiantes integraron el grupo experimental y 20 el grupo de control, sin un procedimiento de asignación aleatoria documentado. El nivel curricular de referencia fue octavo año de Educación General Básica Superior; la matrícula de cada participante en ese grado no quedó especificada en la caracterización disponible. No se documentaron la distribución por diagnóstico, la severidad motriz, la afectación de miembros superiores ni las necesidades de comunicación, y estas características no se controlaron en el análisis. Tampoco se detalló la distribución de las cinco aulas entre las condiciones, aspecto relevante para la independencia de las observaciones. El análisis de potencia a priori reportado utilizó G*Power 3.1 (Faul et al., 2009), con comparación bilateral de dos grupos independientes, asignación 1:1, $\alpha = 0,05$, potencia de 0,80 y d esperado = 0,91. Bajo esos supuestos, 20 participantes por grupo proporcionan una potencia aproximada de 0,801. Este cálculo presupone un efecto grande y observaciones independientes; no garantiza potencia suficiente para efectos menores, análisis por discapacidad o efectos de agrupación por aula. La comparación inicial del rendimiento se presenta en la Tabla 1 y no se interpreta como demostración de equivalencia entre grupos.

Criterios de inclusión y exclusión

La selección consideró los siguientes criterios de inclusión, descritos en el protocolo del estudio:

a. Ser estudiante matriculado en la institución educativa seleccionada.

b. Presentar dificultad de movimiento en extremidades superiores, inferiores o ambas, previamente identificada en el registro institucional o mediante informe de apoyo pedagógico.

c. Contar con posibilidades de participar en las actividades académicas mediadas por herramientas digitales.

d. Disponer del consentimiento informado del representante legal y del asentimiento del estudiante cuando correspondiera.

Se establecieron los siguientes criterios de exclusión:

a. Presentar inasistencia reiterada durante el periodo de intervención.

b. No completar las actividades planificadas en las fases de pretest y postest.

c. Evidenciar condiciones asociadas no consideradas dentro del alcance del estudio que impidieran la participación regular en el proceso.

d. No contar con autorización familiar o institucional para formar parte de la investigación.

Descripción de la intervención tecnológica

La intervención integró cuatro tipos de recursos. Para el reconocimiento de voz se utilizaron Google Voice Typing y Microsoft Dictate, como alternativas a la escritura manual. Google Classroom, Moodle y Microsoft Teams facilitaron el acceso a materiales, actividades y retroalimentación; su disponibilidad no implica que todos los contenidos fueran accesibles ni que estas plataformas constituyeran, por sí mismas, sistemas de IA. Se incorporó Google Assistant como apoyo para consultas e instrucciones y se habilitaron funciones del dispositivo, como teclado en pantalla, ampliación de iconos, accesos directos y control por voz. La intervención combinó, por tanto, funciones de reconocimiento y asistencia con recursos convencionales de accesibilidad. La documentación no precisa las versiones, los dispositivos, las configuraciones individuales ni el registro de fallos de reconocimiento. La selección atendió a la usabilidad y adecuación pedagógica descritas en el estudio, en relación con el papel de las tecnologías de apoyo señalado por (McNicholl et al., 2021). No se atribuye una personalización automática a herramientas cuya adaptación dependió de la configuración docente.

El programa comprendió ocho semanas consecutivas, con una planificación de cuatro sesiones semanales de aproximadamente 40 minutos en Matemáticas. Esto representa 32 sesiones y 1280 minutos programados, incluyendo familiarización y evaluación; no equivale a una medida de exposición efectiva individual. El grupo experimental utilizó las herramientas según las

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

demandas de las tareas, mientras que el grupo control desarrolló los mismos contenidos mediante la enseñanza habitual. No se documentaron la asistencia por sesión, la duración real de uso de cada recurso ni las adaptaciones recibidas por estudiante. La comparación corresponde al conjunto del programa y no permite aislar la eficacia de una aplicación específica.

Capacitación docente

El protocolo describe la familiarización de los estudiantes con las herramientas, pero no documenta una capacitación pedagógica específica del profesorado. No se consignan duración, contenidos, responsables ni evaluación de competencias docentes. Por tanto, no puede establecerse si existió una preparación homogénea para adaptar tareas, configurar accesibilidad y supervisar respuestas automatizadas. Esta ausencia de información limita la replicación y el análisis de la fidelidad de implementación.

Instrumentos

Se aplicaron un cuestionario de accesibilidad e interacción educativa y una prueba de rendimiento académico. La validez de contenido se examinó mediante juicio de expertos y V de Aiken (Aiken, 1980); la consistencia interna se estimó con alfa de Cronbach. Se consignan los coeficientes específicos de cada instrumento, evitando atribuir un mismo valor a ambos. La documentación no precisa el número de jueces, sus perfiles, la escala de valoración ni la muestra utilizada para estimar la confiabilidad. Estos datos son necesarios para valorar la precisión de los coeficientes y replicar el procedimiento.

El cuestionario estuvo compuesto por 24 ítems y presentó V de Aiken = 0,80 y $\alpha = 0,83$. No se especificaron la distribución de ítems por dimensión, las opciones de respuesta ni la regla de cálculo de autonomía e interacción. La descripción de una transformación a escala de 0 a 5 no concuerda con los resultados reportados, que superan ese límite. En consecuencia, se conservan las puntuaciones originales sin aplicar una conversión no documentada, y su interpretación se considera exploratoria hasta verificar el sistema de puntuación. El alfa global no acredita, por sí solo, la confiabilidad de cada dimensión ni la validez de la comparación entre grupos.

La prueba de rendimiento académico fue elaborada por Andrés Puente y el equipo de Matemáticas, con referencia al Currículo Priorizado para octavo año de Educación General Básica Superior. Su construcción se apoyó en una tabla de especificaciones y en juicio de expertos sobre claridad, pertinencia y representatividad, con V de Aiken = 0,80. La consistencia interna reportada fue $\alpha = 0,79$, y las puntuaciones del pretest y postest se expresaron de 0 a 10. Este coeficiente no debe describirse como superior a 0,80 ni como garantía de validez. No se detallaron el número y formato de los ítems, su distribución curricular, el procedimiento de corrección ni la equivalencia de las condiciones de aplicación, por lo que la replicación requiere recuperar el instrumento y su tabla de especificaciones.

Protocolo de intervención

La intervención se desarrolló durante ocho semanas comprendidas entre septiembre y noviembre de 2025. Las semanas uno y dos incluyeron la familiarización de los estudiantes con las herramientas y el pretest; las semanas tres a seis correspondieron a su integración en las actividades académicas; y las semanas siete y ocho comprendieron el postest y la recolección de información complementaria. No se documentaron las fechas exactas ni el momento del pretest respecto de la familiarización, lo que limita la identificación de una línea de base completamente previa a la exposición tecnológica. El grupo control mantuvo la enseñanza habitual durante el seguimiento. Los criterios de inasistencia y falta de evaluaciones no se acompañaron de un diagrama de participantes ni de cantidades de exclusiones, por lo que no puede comprobarse el efecto de posibles pérdidas sobre la comparabilidad de los grupos.

Análisis de datos

Se calcularon medias y desviaciones estándar por grupo y momento de medición. El rendimiento académico se analizó como puntuación de 0 a 10. Las diferencias descriptivas de autonomía e interacción se presentan con las reservas derivadas de la falta de especificación consistente de su escala. El uso de herramientas se resumió mediante los porcentajes reportados, sin asumir que su frecuencia demuestra eficacia. La información disponible no permite verificar el denominador de todas las categorías de uso ni reconstruir los registros individuales.

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

Se reportaron pruebas t de Student para grupos independientes y un ANCOVA con rendimiento postest como variable dependiente, grupo como factor y rendimiento pretest como covariable. No se dispone de resultados documentados de Shapiro–Wilk, Levene ni de inspección gráfica de residuos. En el ANCOVA tampoco se documentaron la linealidad de la relación pretest-postest, la homogeneidad de pendientes mediante la interacción grupo × pretest ni el examen de observaciones influyentes. Estas verificaciones requieren los datos individuales; no pueden obtenerse de medias y desviaciones estándar. La procedencia de cinco aulas también obliga a examinar la dependencia intraclase. Por ello, los resultados inferenciales se presentan de forma condicionada, sin afirmar que los supuestos se hayan cumplido.

Se mantuvo la d de Cohen reportada para el contraste postest de rendimiento (d = 1,98). Como complemento, se estimó su IC del 95 % mediante inversión de la distribución t no central, usando n = 20 por grupo y 38 grados de libertad. El cálculo presupone una diferencia estandarizada entre grupos independientes con desviación estándar combinada; al partir de una d redondeada, el intervalo es aproximado y requiere confirmar el estimador original. También se calculó g de Hedges para explorar la influencia de la corrección por muestra pequeña. La diferenciación entre tamaños del efecto y sus denominadores sigue a (Lakens, 2013). Se utilizó α = 0,05; los contrastes secundarios se interpretan como exploratorios, dado que no se documentó un ajuste por comparaciones múltiples. La intervención fue la variable independiente y el rendimiento, la autonomía y la interacción fueron las variables dependientes. No se controlaron el tipo o severidad de la discapacidad, la edad, el nivel socioeconómico, la experiencia tecnológica ni el acceso a dispositivos fuera de la institución. El ajuste por pretest atiende únicamente al rendimiento inicial medido; no elimina la confusión por características omitidas ni los posibles efectos del docente o del aula. El análisis no permite separar los componentes del programa ni estimar beneficios específicos por perfil funcional.

Consideraciones éticas

Se reportaron autorización institucional, aprobación del comité de ética de la institución participante, consentimiento escrito de los representantes legales y asentimiento de los estudiantes cuando correspondía. Se establecieron participación voluntaria, confidencialidad y uso académico de la información, sin identificación individual en los resultados. La documentación no precisa el nombre del comité, la fecha ni el código de aprobación, por lo que esos datos requieren confirmación documental. Las actividades se desarrollaron bajo supervisión pedagógica. No se dispone de un registro específico de incidentes o

dificultades, por lo que no se afirma ausencia demostrada de riesgos. El uso de servicios externos requiere describir las medidas efectivamente aplicadas para proteger los datos y las producciones del alumnado.

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

RESULTADOS

En el pretest, el rendimiento medio fue 6,2 en el grupo experimental y 6,1 en el control. La comparación reportada no detectó diferencias estadísticamente significativas, t(38) = 0,39, p = 0,70. Este resultado no demuestra equivalencia formal ni informa sobre autonomía, interacción o variables funcionales no caracterizadas. La Tabla 1 reúne la información inicial disponible y evita duplicar estos datos en una segunda tabla.

Tabla 1
Características iniciales y rendimiento académico por grupo

Grupo	Condición	n	M pre	DE pre	t(38) / p
Experimental	Intervención tecnológica	20	6,2	0,91	0,39 / 0,70
Control	Enseñanza habitual	20	6,1	0,87	—

Nota. M = media; DE = desviación estándar. La muestra procedió de cinco aulas de una institución. La ausencia de significación en el pretest no demuestra equivalencia ni descarta confusión por variables no medidas.

En el postest, el grupo experimental alcanzó una media de 8,7/10 y el control, 7,1/10, con una diferencia observada de 1,6 puntos (p < 0,001). Las ganancias descriptivas fueron de 2,5 y 1,0 puntos, respectivamente (Tabla 2). La comparación de estas ganancias no constituye una prueba inferencial del cambio diferencial, porque no se dispone de las desviaciones estándar de los cambios ni de las correlaciones pretest-postest.

Tabla 2
Rendimiento académico antes y después de la intervención.

Grupo	n	M pre	M post	Ganancia	DE post	d de Cohen	p
Experimental	20	6,2	8,7	+2,5	0,74	1,98	< 0,001
Control	20	6,1	7,1	+1,0	0,82	—	—

Nota. M pre = media inicial; M post = media final; DE post = desviación estándar final. La d = 1,98 corresponde al contraste entre grupos en el postest. Su IC del 95 % aproximado es [1,21; 2,73], reconstruido a partir de d y n bajo el supuesto de grupos independientes. No constituye un efecto ajustado por pretest.

La d reportada del rendimiento fue elevada (1,98), con IC aproximado [1,21; 2,73]. Este intervalo no corrige sesgos de selección o medición. La corrección por muestra pequeña produce g de Hedges ≈ 1,94, por lo que no explica la magnitud observada. Las medias y DE redondeadas de la Tabla 2 producen d ≈ 2,05; la diferencia requiere cotejar redondeo y estimador con la salida original. No se atribuye esta d a las otras variables, cuyos tamaños del efecto no quedaron suficientemente documentados.

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

La interacción educativa presentó medias reportadas de 8,9 (DE = 0,7) en el grupo experimental y 6,9 (DE = 0,8) en el control, con $p < 0,001$. La diferencia descriptiva fue de 2,0 puntos. Estos valores se conservan como resultados originales, pero su interpretación sustantiva queda condicionada a confirmar la escala del cuestionario, la forma de puntuación de esta dimensión y la comparabilidad entre aplicaciones. No se consideran evidencia concluyente de una mejora de magnitud determinada mientras persista esa limitación de medición.

En el grupo experimental, el reconocimiento de voz presentó el mayor porcentaje reportado de uso consistente (95 %), seguido de asistentes inteligentes (80 %), interfaces adaptativas (75 %) y plataformas accesibles (70 %). La Tabla 3 conserva las categorías y porcentajes originales. Los registros disponibles no permiten determinar el umbral utilizado para distinguir uso consistente y ocasional ni verificar el denominador de todas las categorías.

Tabla 3
Porcentajes reportados de uso de herramientas en el grupo experimental

Herramienta tecnológica	Uso consistente (%)	Uso ocasional (%)	Sin uso (%)
Reconocimiento de voz	95	4	1
Asistentes inteligentes	80	15	5
Interfaces adaptativas	75	20	5
Plataformas accesibles	70	22	8

Nota. El grupo experimental incluyó 20 estudiantes. Los porcentajes de 4 %, 1%, 22 % y 8 % no equivalen a recuentos enteros sobre n = 20; requieren verificar la unidad de registro y el denominador. Se conservan sin convertirlos en frecuencias absolutas. El uso consistente no equivale a eficacia individual.

El ANCOVA reportó una diferencia ajustada por pretest, $F(1, 37) = 42,3$, $p < 0,001$. El indicador correspondiente es eta cuadrado parcial: η^2 parcial $= 42,3/(42,3 + 37) \approx 0,53$. Su denominador comprende la variabilidad del efecto del grupo más el error; no equivale al 53 % de la varianza total del rendimiento ni acredita causalidad (Lakens, 2013). No se dispone de medias ajustadas, errores estándar, intervalos ni comprobación de supuestos. El resultado se conserva, pendiente de verificación con la salida original.

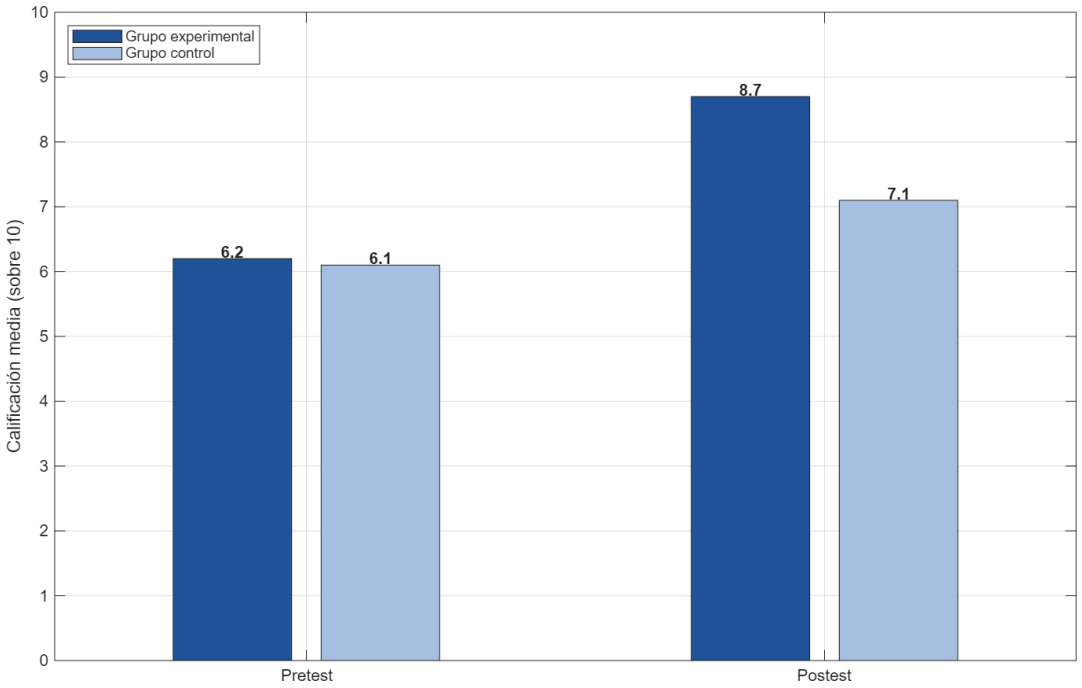
La autonomía del grupo experimental aumentó, según las puntuaciones reportadas, de 5,5 a 8,5, con una ganancia descriptiva de 3,0 puntos. El control alcanzó 6,8 en el postest. No se documentaron en el resumen disponible la media inicial del control, las desviaciones estándar ni un contraste específico para autonomía. Por ello, no se estima su tamaño del efecto ni se afirma significación estadística para esta dimensión; además, persiste la necesidad de verificar la escala de puntuación.

La sensibilidad se examinó con información agregada. La prueba de Welch reconstruida con las medias y DE postest mantuvo $p < 0,001$, con aproximadamente 37,61 grados de libertad. Relaja la igualdad de varianzas, pero no comprueba normalidad, independencia ni ausencia de observaciones influyentes. No fue posible evaluar sensibilidad por aula o perfil funcional. Esta comprobación no resuelve las limitaciones del diseño.

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

La Figura 1 muestra las medias de rendimiento pretest y postest. La diferencia descriptiva entre las ganancias fue de 1,5 puntos a favor del grupo experimental. La figura no incluye intervalos de confianza ni ajuste por covariables.

Figura 1
Comparación de rendimiento académico entre grupos (pretest y postest)



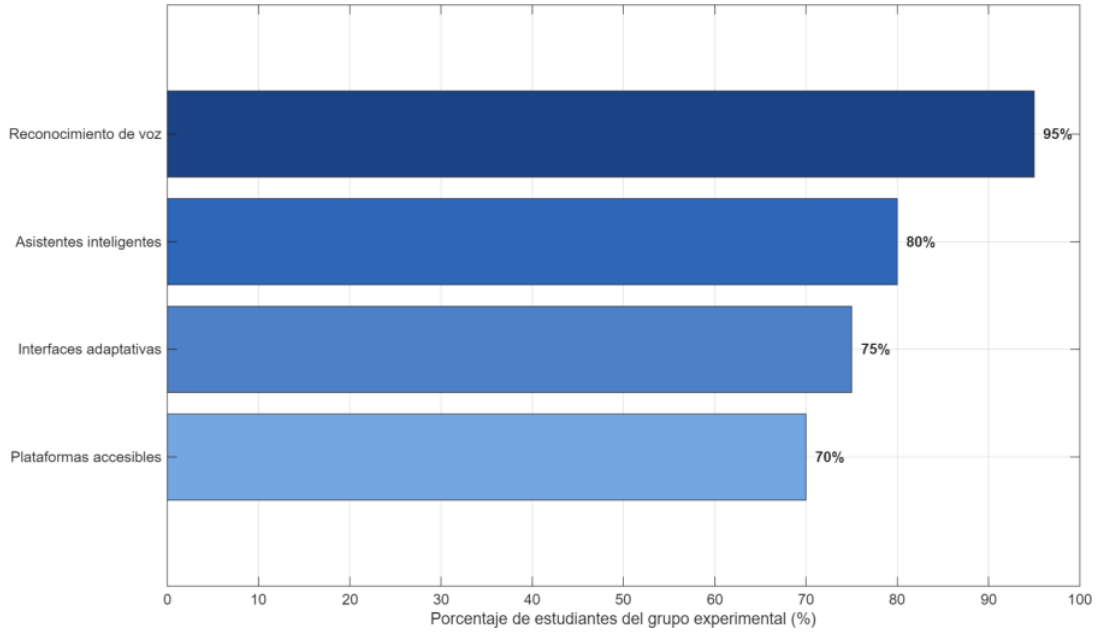
Nota. Medias reportadas del pretest y postest, en escala de 0 a 10. Las barras representan resultados descriptivos y no incluyen intervalos de confianza.

El rendimiento favorece al grupo experimental, con alcance limitado al programa combinado y a esta muestra. La asignación institucional y las limitaciones de caracterización y medición impiden atribuir toda la diferencia a la IA. Autonomía e interacción se interpretan exploratoriamente.

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

La Figura 2 presenta el orden de uso consistente. El predominio del reconocimiento de voz orienta la discusión sobre barreras de escritura, sin demostrar su eficacia independiente.

Figura 2
Frecuencia de uso de herramientas tecnológicas por el grupo experimental



Nota. Porcentajes de uso consistente reportados en el grupo experimental. La definición operativa de esta categoría requiere confirmación en los registros de intervención.

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Contraste con la literatura científica

Los resultados son compatibles con la posibilidad de que las tecnologías de apoyo reduzcan barreras de participación, descrita por (McNicholl et al., 2021), aunque esa revisión corresponde a educación superior y no permite trasladar directamente sus conclusiones a esta muestra. En el contexto ecuatoriano, (Arteaga-Tubay, 2024) aporta una reflexión documental sobre recursos e inclusión; el presente estudio añade una comparación cuantitativa situada, pero no resuelve por sí solo la necesidad de evidencia representativa. La comparación de magnitudes exige mayor cautela: (Zhang et al., 2026) estimaron un efecto global g = 0,588, IC del 95 % [0,349; 0,826], y g = 0,929 en resultados académicos. La g aproximada de este estudio (1,94) es considerablemente mayor. No se trata de una comparación directa de intervenciones equivalentes, pues difieren las discapacidades, las herramientas, los resultados y los diseños. La discrepancia justifica examinar la medición, la selección y el contexto, en lugar de asumir una eficacia excepcional de la IA.

Interpretación de los hallazgos

Una explicación plausible del rendimiento es la reducción de demandas motoras ajenas al objetivo matemático. Cuando el estudiante puede dictar una respuesta o acceder con menos esfuerzo a una actividad, podría dedicar más recursos a comprender consignas y revisar procedimientos. Los asistentes también podrían reducir búsquedas y pasos de navegación, aunque sus errores pueden aumentar la carga cognitiva y exigir supervisión. Estos mecanismos son hipótesis interpretativas: no se midieron carga cognitiva, esfuerzo, tiempo de ejecución ni autorregulación. El 95 % de uso consistente del reconocimiento de voz podría relacionarse con su utilidad inmediata frente a barreras de escritura o con su disponibilidad durante las tareas. También podrían influir las indicaciones docentes y la familiaridad; la frecuencia no permite distinguir estas explicaciones. La inteligibilidad del habla y la necesidad de corregir símbolos matemáticos pueden modificar su utilidad. En autonomía, disponer de alternativas de entrada podría reducir la solicitud de ayuda; en interacción, podría facilitar la producción de respuestas y la participación. Sin medidas de asistencia recibida, turnos comunicativos o observación independiente, estas posibilidades no constituyen mecanismos demostrados. El beneficio puede variar con la afectación motriz, la fatiga, las condiciones del habla y las necesidades de apoyo, aspectos que no fueron controlados. (Esquivel et al., 2024) destacan precisamente la importancia del entorno y del ajuste entre tecnología y actividad matemática.

Condiciones para la implementación pedagógica

La aplicación pedagógica requiere apoyos ajustados a tareas y necesidades funcionales, alternativas de acceso y criterios de evaluación comparables. El DUA permite organizar estas opciones desde el diseño de la enseñanza (Moore et al., 2020). Para Ecuador, las implicaciones incluyen materiales accesibles, conectividad, mantenimiento y formación docente para adaptar actividades y verificar respuestas automatizadas. Son recomendaciones, no componentes cuya ejecución haya sido comprobada. (Holmes et al., 2023) destacan la mediación pedagógica; (Henadirage & Gunarathne, 2025; Landa-Blanco, 2026) describen barreras institucionales que pueden condicionarla. La falta de documentación de la capacitación docente impide establecer cuánto dependieron los resultados del apoyo recibido durante el programa.

Limitaciones del estudio

La selección intencional, la asignación sin aleatorización documentada y la participación de una sola institución restringen la inferencia causal y la generalización. La similitud del rendimiento pretest no descarta diferencias en severidad motriz, comunicación, edad, nivel socioeconómico o experiencia tecnológica. La falta de distribución por aula impide evaluar si los grupos estuvieron expuestos a docentes o condiciones compartidas que expliquen parte de la diferencia. Además, la discrepancia entre la escala descrita y los valores de autonomía e interacción limita la validez de esas interpretaciones. Los coeficientes de confiabilidad no sustituyen la verificación del sistema de puntuación, y no se documentaron cegamiento de evaluadores, fidelidad de aplicación ni pérdidas de participantes. Tampoco se aportaron pruebas de supuestos del ANCOVA. Por ello, la magnitud del efecto puede estar influida por selección, medición o dependencia entre observaciones, y no se atribuye exclusivamente al programa. El intervalo de confianza expresa incertidumbre de muestreo bajo determinados supuestos; no incorpora esos sesgos.

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

La novedad de las herramientas y la atención recibida pudieron aumentar la motivación o modificar el desempeño, de modo compatible con un efecto Hawthorne. El grupo control no recibió una intervención alternativa con atención equivalente, por lo que no puede separarse el aporte tecnológico del acompañamiento. La duración de ocho semanas no permite establecer permanencia ni transferencia a otras asignaturas. Se requieren estudios multicéntricos con muestras mayores, seguimiento longitudinal y asignación aleatoria o estrategias de comparación mejor controladas. La caracterización de necesidades motoras y comunicativas permitiría analizar moderadores del beneficio. También se recomienda registrar asistencia, exposición efectiva, errores de reconocimiento, apoyo docente y accesibilidad de las tareas; validar las escalas; y analizar la agrupación por aula. Un control activo y evaluadores independientes ayudarían a distinguir el efecto de la novedad de los cambios sostenidos en aprendizaje, autonomía e interacción.

CONCLUSIONES

Respecto del primer objetivo, el grupo experimental presentó mayor rendimiento postest que el control, con medias de 8,7 y 7,1 y una d reportada de 1,98. El resultado sugiere una asociación favorable con el programa combinado de herramientas digitales e IA. Su magnitud debe interpretarse con cautela: la asignación no fue aleatoria y el tipo y la severidad de la discapacidad no se controlaron. El ajuste por pretest no elimina esas limitaciones ni demuestra causalidad.

En relación con el segundo objetivo, se reportaron aumentos de autonomía y mayor interacción educativa en el grupo experimental. Estas observaciones son exploratorias, porque requieren confirmar la escala y completar la información de medición. Respecto del tercer objetivo, el reconocimiento de voz presentó el mayor uso consistente reportado. Su adopción sugiere pertinencia para determinadas demandas de escritura, pero no demuestra eficacia específica ni adecuación para todos los perfiles motrices y comunicativos.

En el contexto ecuatoriano, los hallazgos apoyan la evaluación de programas que articulen accesibilidad digital, formación docente e innovación pedagógica con los objetivos curriculares. La implicación teórica es considerar la interacción entre demandas de la tarea, apoyos y características funcionales como posible explicación de las diferencias, que deberá contrastarse en nuevos estudios. La aplicación práctica requiere opciones de acceso individualizadas y seguimiento de resultados; su ampliación depende de evidencia más sólida sobre medición, sostenibilidad y diversidad de participantes. No se generaliza el beneficio a toda la población con discapacidad motriz ni a cualquier herramienta de IA.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Borja Flores Marjorie Carla: conceptualización, diseño metodológico, aplicación de instrumentos, análisis e interpretación de datos, redacción del borrador original. Puente Echeverría Andrés Sebastián: revisión bibliográfica, elaboración del marco teórico, análisis estadístico, revisión crítica y edición del manuscrito. Manuel Reyes Wagnio: supervisión metodológica, validación de instrumentos, asesoría estadística y revisión crítica del contenido. Dayron Rumbaut Rangel: revisión teórica, contribución al marco conceptual, edición final y aprobación de la versión definitiva. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del artículo.

FINANCIAMIENTO

La presente investigación no recibió financiamiento externo de organismos públicos, privados ni del sector sin fines de lucro. Los autores asumieron de manera personal los costos derivados del desarrollo del estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses, ya sea de carácter financiero, profesional, institucional o personal, que pudiera haber influido en el diseño, ejecución, análisis o interpretación de los resultados del presente estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la institución educativa participante, a sus autoridades, docentes y estudiantes, así como a las familias que brindaron su consentimiento para el desarrollo del presente estudio. De igual manera, se reconoce el apoyo académico de la Universidad Bolivariana del Ecuador en el acompañamiento del proceso investigativo.

© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

REFERENCIAS

Aiken, L. R. (1980). Content Validity and Reliability of Single Items or Questionnaires. Educational and Psychological Measurement, 40(4), 955-959. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/001316448004000419

Arteaga-Tubay, G. J. (2024). Recursos tecnológicos para el aprendizaje en el marco de la educación inclusiva ecuatoriana. CIENCIAMATRIA, 10(18), 289-312. https://doi.org/https://doi.org/10.35381/cm.v10i18.1272

Bickenbach, J. (2011). The World Report on Disability. Disability & Society, 26(5), 655-658. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09687599.2011.589198

Chamorro-Pinchao, C. X., Loor-Cedeño, G. N., & Agreda-Gómez, J. S. (2021). El buen vivir y la inclusión: Una reflexión desde la legislación educativa ecuatoriana. Revista Electrónica Educare, 25(2), 1-17. https://doi.org/https://doi.org/10.15359/ree.25-2.12

Esquivel, P., McGarvey, L., Phelan, S., & Adams, K. (2024). Exploring environmental factors affecting assistive technology strategies in mathematics learning for students with physical disabilities. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology,19(1), 66-77. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/17483107.2022.2062465

Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. Behavior Research Methods, 41(4), 1149-1160. https://doi.org/https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149

Henadirage, A., & Gunarathne, N. (2025). Barriers to and Opportunities for the Adoption of Generative Artificial Intelligence in Higher Education in the Global South: Insights from Sri Lanka. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 35(1), 245-281. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40593-024-00439-5

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2023). Artificial intelligence in education. https://doi.org/https://doi.org/10.58863/20 500.12424/4276068

Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. Frontiers in Psychology, 4. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863

Landa-Blanco, M. (2026). Artificial intelligence in education: Applications and limitations for teachers in low- and middle-income countries. Frontiers in Education, 10. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1681836

McNicholl, A., Casey, H., Desmond, D., & Gallagher, P. (2021). The impact of assistive technology use for students with disabilities in higher education: A systematic review. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 16(2), 130-143. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1642395

Moore, J., Searles, S., Holterman, L. A., Simone, C., & Huggett, K. (2020). Universal Design for TBL®: Promoting Inclusion and Access for All Learners. Medical Science Educator, 30(1), 595-596. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40670-019-00827-w

Sedláčková, D., Kantor, J., Belkin, L., Marečková, J., Smrčková, A., Du, J., Li, J., Svobodová, Z., & Munn, Z. (2025). The experiences of students with physical disabilities in inclusive education: A qualitative systematic review. Educational Research Review, 49, 100715. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100715

© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749

Seelman, K. D. (2011). The World Health Organization/World Bank's First World Report on Disability. International Journal of Telerehabilitation, 11-14. https://doi.org/https://doi.org/10.5195/ijt.2011.6076

Selwyn, N. (2016). Minding our language: Why education and technology is full of bullshit … and what might be done about it†. Learning, Media and Technology, 41(3), 437-443. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/17439884.2015.1012523

UNESCO. (2020). Global education monitoring report, 2020: Inclusion and education: All means all. https://doi.org/https://doi.org/10.54676/JJNK6989

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 39. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Zhang, L., CarterJr., R. A., Liu, Y., & Peng, P. (2026). Let's CHAT About Artificial Intelligence for Students With Disabilities: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. Review of Educational Research, 96(1), 215-257. https://doi.org/https://doi.org/10.3102/00346543241293424

IDENTIDAD BOLIVARIANA VOL. 10 EDICIÓN ESPECIAL No. 2.
AGOSTO 2026, pp. 445-459
© Instituto Superior Universitario Bolivariano de Tecnología - ITB
ISSN-e: 2550-6749