

Aplicaciones con Contenidos Matemáticos para Usuarios con Autismo

M. García-Moya and R. Blanco

Title— Applications with mathematical content for users with autism.

Abstract—Algunos estudiantes con autismo pueden presentar dificultades en la adquisición de conocimientos matemáticos. Sin embargo, el uso de la tecnología podría ayudarles a comprender estos conocimientos con mayor facilidad. Por esta razón, el presente trabajo tiene como objetivo conseguir un listado de aplicaciones móviles con contenidos matemáticos que, además de ser recomendables para usuarios con autismo, puedan ser usadas por ellos con autonomía. Para ello, se seleccionaron 44 aplicaciones que fueron utilizadas por veintiocho estudiantes con autismo de Educación Primaria y Secundaria. Por un lado, se obtuvo que el cumplimiento de las pautas de accesibilidad no garantiza la adecuación de la aplicación para este tipo de usuarios, ya que un 15,9% de las aplicaciones seleccionadas no pudieron ser empleadas en su totalidad por el grupo de prueba con una autonomía de al menos el 50%. Por otro lado, proporcionamos una lista de 38 aplicaciones con contenidos matemáticos que son recomendables o altamente recomendables para usuarios con autismo, 29 de las cuales pueden ser utilizadas por estos de forma autónoma.

Index Terms— Computer applications, Education, Mathematics, Technology.

I. INTRODUCTION

El Trastorno del Espectro Autista (TEA) es una condición del neurodesarrollo que suele manifestarse desde una edad temprana y acompaña a la persona toda su vida. Las características principales que determinan el TEA afectan a dos dominios, comunicativo y conductual, presentando déficits persistentes en la comunicación e interacción social y patrones de conducta repetitivos o restrictivos [1]. Estas características pueden aparecer con un alto grado de variabilidad y, en función de los apoyos o ayuda que necesita la persona con autismo en su vida diaria, existen tres grados: 3

necesita apoyo muy notable, 2 necesita apoyo notable, 1 necesita apoyo [1]. Las personas con autismo pueden tener déficits en funciones ejecutivas como la planificación y la flexibilidad [2][3], aunque habitualmente poseen una gran memoria visual [4].

Esto hace que algunos estudiantes con autismo puedan presentar dificultades a la hora de adquirir conceptos y habilidades matemáticas, por ejemplo, relacionadas con números y operaciones [5][6][7], magnitudes y su medida [8][9][10], geometría y orientación espacial [11] y resolución de problemas [12][6][13].

Además, el empleo de aplicaciones (apps) con un diseño claro y estructurado ha resultado ser el software más beneficioso para las personas con TEA [14]. Esto es debido a que, al tener buena memoria visual, se ha demostrado que el uso de la pantalla táctil hace que mejoren su desempeño académico [15][16][17][18].

La utilización de apps educativas en un dispositivo con pantalla táctil facilita que el usuario con autismo mantenga la atención en la actividad proporcionándole un aprendizaje activo y participativo. De esta forma aumenta la motivación del estudiante y mejora su autonomía ya que la aplicación le ofrece respuestas automáticas sobre su progreso en la actividad [16][19][20][21].

Existen varios estudios que apoyan estos hallazgos en el desarrollo de habilidades en matemáticas. Liu y colaboradores llevaron a cabo un metaanálisis en el que hallaron 22 estudios en los que se empleaba una Tablet para enseñar contenidos matemáticos a usuarios con autismo y/o discapacidad intelectual, obteniendo un efecto positivo grande en la enseñanza de números y operaciones, álgebra y estadística [22]. Zhang y colaboradores comprobaron que el uso de tres aplicaciones con contenido matemático (*Splash Math*, *Motion Math Zoom* y *Long Multiplication*) fue beneficioso para dieciocho estudiantes de 9 años, entre los cuales había 4 estudiantes con diagnóstico de autismo, trastorno emocional, dislexia o dificultad de aprendizaje. Dichas apps les permitieron practicar contenidos relacionados con el valor posicional de las cifras y las operaciones aritméticas, todos los participantes lograron mejores puntuaciones después de usar las apps y se redujo la diferencia inicial en el rendimiento académico entre los estudiantes con y sin dificultades [23]. Asimismo, cinco de los siete estudiantes con autismo con edades de entre 11 y 13 años que utilizaron la aplicación *Matching Game-My First Numbers* sobre el conteo hasta el número 10, la asociación del número con la cantidad y la correspondencia uno a uno, mejoraron su desempeño y autonomía en dichos contenidos matemáticos [24].

F. A. Author is with the National Institute of Standards and Technology, Boulder, CO 80305 USA (corresponding author to provide phone: 303-555-5555; fax: 303-555-5555; e-mail: author@boulder.nist.gov).

S. B. Author, Jr., was with Rice University, Houston, TX 77005 USA. He is now with the Department of Physics, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523 USA (e-mail: author@lamar.colostate.edu).

T. C. Author is with the Electrical Engineering Department, University of Colorado, Boulder, CO 80309 USA, on leave from the National Research Institute for Metals, Tsukuba, Japan (e-mail: author@nrim.go.jp).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

El vídeo modelado ha obtenido buenos resultados en estudios previos y se considera una práctica basada en evidencias [25]. Empleando un iPad como soporte para el vídeo modelado, Ledbetter-Cho y colaboradores realizaron un estudio con cinco estudiantes con autismo de entre 6 y 9 años, con los que trabajaron la suma con material manipulativo o conteo ascendente. Los participantes mostraron un aumento en el número de problemas resueltos correctamente, y además se produjo una disminución de las conductas desafiantes y estereotipadas, aunque no se evidenciaba relación funcional entre la intervención y la disminución de este tipo de conductas [26]. Cuatro estudiantes con trastornos del desarrollo de entre 11 y 13 años, tres de los cuales eran personas con autismo, utilizaron iPad y ordenador para realizar actividades de lectura, conteo o reconocimiento de colores y formas. A través de estas actividades los autores compararon la participación de los estudiantes con ambos dispositivos, sin encontrar diferencias entre ambos para tres de los cuatro participantes, mientras que el cuarto participante manifestó una mayor participación empleando el iPad [27].

También se han comparado los efectos del uso de materiales físicos y sus equivalentes virtuales para mejorar el rendimiento académico de estudiantes con autismo. Bouck et al. y Bassette y sus colaboradores realizaron varias investigaciones sobre la resolución de problemas aditivos con bloques de base 10 (material físico) y su equivalente, la aplicación Base Ten Block (material digital). Ambos materiales fueron efectivos para enseñar a los participantes a resolver ese tipo de problemas, sin embargo, obtuvieron mejores resultados usando el material digital. Por lo que los autores de estas investigaciones coinciden en que el uso de material digital podría facilitar el aprendizaje de estudiantes con autismo [28][29][30][31].

De hecho, Long y colaboradores han obtenido que los manipulativos virtuales son una práctica basada en evidencias para estudiantes con autismo y/o discapacidad intelectual [32].

El uso combinado de video modelado, manipulativos virtuales y juegos matemáticos digitales (*SplashLearn* y *Math Playground*), a través de instrucción online, ha sido efectivo para enseñar multiplicación, división y resta de fracciones, o multiplicación, suma y equivalencia de fracciones a dos estudiantes de 8 y 9 años con autismo. Estos hallazgos muestran el potencial de la combinación de herramientas digitales -entre sí y/o con otros métodos- para la mejora de las habilidades matemáticas de estudiantes con autismo [33].

A pesar de lo comentado anteriormente, aún existe una falta de estudios valorando el efecto y la utilidad de las herramientas digitales adaptadas a estos estudiantes, sobre todo en países en vías de desarrollo [34]. Por esta razón varios autores han diseñado sus propios entornos digitales y los han probado con estudiantes con autismo para verificar su efectividad. Algunos de ellos, centrados en contenidos matemáticos, son:

1. *Touchscreen-assistive Learning Numeracy App* (TaLNA). Permite trabajar aritmética básica [35].
2. *Play and Learn Number* (PLaN). Se centra en la aritmética y el cálculo [36].
3. *123 Autismo*. Permite trabajar habilidades matemáticas básicas como correspondencias, emparejamientos, la

identificación de números y cantidades, y la secuencia numérica, entre otras [37].

4. *Proyecto@Matemáticas*. Con ella podemos trabajar los números, sumas y restas, asociación del número con la cantidad, formas y figuras bidimensionales y tridimensionales, el dinero y el uso de este [38].
5. *Learning Environment on Mathematics for Autistic Children* (LEMA). Permite trabajar contenido matemático desde el razonamiento deductivo e inductivo con figuras planas (2D) y cuerpos geométricos (3D) [11][39][40].
6. Una web con juegos para usuarios con autismo sobre el uso y el manejo del dinero [41].
7. Aplicación que enseña a estudiantes con autismo a manejar el dinero y realizar compras [42].
8. Aplicación para contar de 5 en 5, 10 en 10, etc. usando monedas (5, 10, 20, 50 y 100 francos ruandeses) [43].
9. *ArrasTE-A* juego digital para estudiantes con autismo de educación infantil, para identificar y emparejar formas geométricas, colores, tamaños y animales [44].
10. *EUReka* juego para enseñar el uso y manejo de monedas y billetes a adolescentes con autismo [45].

Dado que cada día aumenta el número de apps educativas, autores como Britto y Pizzolato [46] y Gallardo-Montes et al. [47] han diseñado pautas de accesibilidad con las que verificar que las apps son apropiadas para usuarios con autismo.

En Brito y Pizzolato [46, p. 6] se consideran diez categorías con diversos ítems: (G1) interfaz con vocabulario visual y textual; (G2) personalización; (G3) compromiso; (G4) representación redundante/múltiple; (G5) multimedia; (G6) retroalimentación; (G7) rendimiento; (G8) navegabilidad; (G9) interacción con el sistema; y (G10) interacción con la pantalla táctil. Estas pautas se usaron para evaluar 18 apps (en portugués o inglés) diseñadas para usuarios con autismo, entre las que se encuentran las siguientes 7 apps con contenido matemático sobre números, cantidades y secuencias lógicas, ordenadas de mayor a menor puntuación: *BitsBoard*, *Step by Step Pair by Numbers/ Step by Step Create a Series*, *Shop & Math*, *HearBuilder Sequencing*, *Camp Discovery*, *Montessori Preschool* [48]. Entre las características que comparten las apps evaluadas destacamos: interfaz simple, instrucciones claras, sin estímulos distractores y emisión de lenguaje textual y visual sencillo, además de estimular expresamente alguna dificultad específica de los usuarios con autismo [48]. *BitsBoard* es la aplicación con contenido matemático que obtuvo mayor puntuación, cumpliendo un 68% de los ítems y quedando la tercera de las 18 evaluadas, por detrás de las aplicaciones *Super StoryMaker* (79%) y *Social Stories* (77%) [48].

En Gallardo-Montes et al. [47, p.10-11] se consideran tres dimensiones de evaluación subdivididas en diversos indicadores, con subindicadores a su vez en cada una de ellas para verificar la idoneidad de aplicaciones para usuarios con autismo. Estas dimensiones son: (D1) diseño/forma (disponibilidad, ergonomía, usabilidad, popularidad y accesibilidad); (D2) contenido (calidad de audio; calidad de la narración, contenidos, notificaciones, ayudas y tutoriales, seguridad) y (D3) pedagógica (interactividad, adecuación a los

ritmos y aprendizajes, seguimiento/evaluación); [47, p.10-11]. Hay un total de 46 subindicadores, por lo que la puntuación máxima que se puede obtener son 46 puntos. Los autores consideran que una aplicación es altamente recomendable si obtiene 37 puntos o más; recomendable si obtiene entre 23 y 36 puntos; y no recomendable si obtiene 22 puntos o menos [47].

Estas dimensiones fueron empleadas por los autores para realizar la valoración de 88 apps para usuarios con autismo con contenidos instrumentales (lenguaje oral, lectura, escritura y matemáticas), entre las que se encuentran 21 con contenido matemático en alguna de las siguientes subáreas: números, conteo, operaciones, valor de posición de las cifras y resolución de problemas. Concluyendo que todas las aplicaciones salvo dos de ellas son altamente recomendables o recomendables para usuarios con autismo, pero solo una de las aplicaciones, *Smile and Learn* (39 puntos), cubre estas subáreas, por lo que hay una falta de aplicaciones de calidad con contenido matemático, ya que solo un 23,86% de los contenidos instrumentales de las apps corresponden a matemáticas [49]. Asimismo, emplearon este sistema de indicadores para la valoración de 155 apps, ampliando la búsqueda anterior a aplicaciones sin contenido instrumental. Obteniendo solo 14 aplicaciones altamente recomendables, y encontrando el área de las emociones infrarrepresentada [50].

Recientemente, otros autores han desarrollado herramientas para evaluar aplicaciones móviles educativas para personas con autismo [51]. Los autores establecen 36 indicadores agrupados en seis categorías: información personal, características técnicas y descriptivas, características pedagógicas en relación con el autismo, características pedagógicas generales, características para la inclusión y la accesibilidad educativa, y satisfacción profesional [51]. Como podemos observar, las características pedagógicas adquieren importancia en este instrumento, coincidiendo con las apreciaciones de Gallardo-Montes et al. [50] que sugieren ampliar en un futuro los indicadores de la dimensión pedagógica de su instrumento de evaluación, correspondiente únicamente al 13% de la puntuación total.

Para que el empleo en el aula de aplicaciones adaptadas a usuarios con autismo sea una realidad, es imprescindible formar a los maestros y futuros maestros en el uso de estas tecnologías, proporcionándoles aplicaciones de calidad y la preparación necesaria para saber cómo y cuándo usarlas. Sin embargo, investigaciones relativas a la capacitación del profesorado de alumnos con autismo muestran que, a pesar de que consideran que las aplicaciones son beneficiosas para reforzar conceptos -empleadas como complemento a métodos tradicionales- no las usan tanto como cabría esperar [52]. Se evidencia también falta de formación, por ejemplo, en un estudio en el que participaron 20 centros de Educación Infantil y Primaria, un 65,8% del profesorado de las aulas específicas manifestó desconocimiento de aplicaciones para alumnado con autismo [53]. La falta de cursos específicos de formación continua y en los programas de formación del profesorado es precisamente una de las dificultades que encuentran los docentes para emplear estas tecnologías en el aula; además de la falta de recursos en sus centros, la falta de adecuación del software disponible (que no se ajusta al currículum de los

estudiantes con autismo), y las dificultades que tienen los propios alumnos con autismo debido a su bajo desempeño, a que tienen problemas que limitan el uso que pueden hacer de la tecnología, olvidan rápidamente lo que han aprendido con dispositivos tecnológicos y al daño que sufren los dispositivos por el mal uso [54].

Que un usuario con discapacidad intelectual pueda utilizar la tecnología de forma autónoma sin un facilitador es indispensable, por ejemplo, en una situación de emergencia en la que deba pedir ayuda [55]. Por tanto, es deseable que los usuarios con autismo puedan utilizar las aplicaciones adaptadas para ellos de forma autónoma. Entendiendo esta última como la capacidad de desenvolverse de forma independiente. Algunos autores han evaluado este grado de autonomía con estudiantes con autismo y discapacidad intelectual, observando si el número de pasos realizados con ayuda iba disminuyendo hasta conseguir realizar la tarea completa de forma independiente [56]. El automonitoreo de esos pasos también ha sido efectivo para desarrollar las habilidades de autodeterminación de personas con grandes necesidades de apoyo [57].

Además de realizar una selección de aplicaciones adecuadas para usuarios con autismo, es necesario determinar si estos son capaces de usarlas con autonomía o no para que esas aplicaciones puedan usarse en la práctica, más allá de que su diseño e implementación cumpla con las pautas establecidas en los diferentes instrumentos de evaluación.

Por tanto, partimos de la siguiente hipótesis: las pautas de accesibilidad aseguran que los usuarios con autismo pueden manejar las aplicaciones sin ayuda. Lo que nos lleva a preguntarnos ¿qué apps con contenido matemático pueden ser usadas con autonomía por estudiantes con autismo?

II. METODOLOGÍA

El presente trabajo es un estudio exploratorio realizado en dos fases, que forma parte de un estudio más amplio cuya finalidad es el diseño e implementación de una aplicación educativa para usuarios con autismo [58]. En la primera fase se realizó una búsqueda y selección de apps con contenido matemático y en la segunda fase se procedió a evaluar la usabilidad de las apps, mediante la puesta en práctica de las apps seleccionadas por alumnado con autismo, para medir el grado de autonomía que mostraban durante su utilización. Se trata por tanto de un estudio descriptivo, con un diseño transversal y un método cuantitativo observacional.

A. Participantes

Los participantes de esta investigación pertenecen a diversos entornos educativos formales y no formales de España (colegios de Educación Primaria, Institutos de Educación Secundaria Obligatoria y asociaciones). La selección de los participantes se realizó de acuerdo con los siguientes criterios de inclusión: (1) tener diagnóstico TEA según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, texto revisado 5ª edición (DSM-V-TR) [1]; (2) tener una edad comprendida entre 6 y 16 años; y (3) comunicarse de forma verbal y/o no verbal.

Primero se contactó con varios entornos educativos formales y no formales con la finalidad de encontrar participantes para

nuestro trabajo que cumplieran con los requisitos de inclusión. Posteriormente, se realizó una entrevista presencial e individual con cada una de las familias con hijos o hijas con autismo. En ella se pudo acceder a la información de su diagnóstico realizado por personal sanitario de centros de salud públicos para conocer las características de los futuros participantes. Después, se corroboró la información aportada por las familias con el educador que mayor tiempo pasa con el niño o niña en el entorno educativo formal o no formal y se obtuvo una muestra de veintiocho estudiantes. Finalmente, las familias, tras haberlo consensuado con su hijo o hija, accedieron a firmar el consentimiento de participación en el presente trabajo.

En la Tabla 1 pueden verse las características de los veintiocho participantes, donde el cociente intelectual (CI) fue medido con Intelligence Scale for Children (WISC-V) [59] o Leiter-3 [60], dependiendo de las características del estudiante.

TABLA 1
PARTICIPANTES

	Edad	Género	CI	Lenguaje	Comorbilidad	Curso
1	10.8	M	48	Funcional		5° EP
2	10.10	M	55	Funcional	LKS	5° EP
3	15.4	M	69	Funcional		EBO
4	7.5	M	129	Funcional		2° EP
5	10.11	M	59	Funcional	TDAH	5° EP
6	10.8	M	99	Funcional	TDAH	5° EP
7	11.4	M	67	Funcional		6° EP
8	8.0	M	45	Funcional	TDAH	2° EP
9	7.1	M	62	Funcional	TDAH	2° EP
10	10.8	M	105	Funcional		5° EP
11	12.6	M	67	Funcional		1° ESO
12	10.10	M	110	Funcional	TDAH	5° EP
13	11.9	M		Funcional		6° EP
14	7.7	M	91	Funcional		2° EP
15	11.11	M	107	Funcional	TDAH	6° EP
16	8.11	F	58	Funcional		4° EP
17	11.3	M		Funcional		5° EP
18	15.9	M	66	Funcional		EBO
19	10.6	M	55	Funcional	TDAH	EBO
20	12.1	M	63	Funcional		1° ESO
21	12.11	M	47	Funcional	TDAH	1° ESO
22	6.9	M	65	Sin lenguaje funcional	TDAH	1° EP
23	7.4	M	82	Funcional	TDAH	2° EP
24	11.6	M	50	Sin lenguaje		6° EP
25	10.3	M	58	Funcional		5° EP
26	10.2	M		Funcional		5° EP
27	11.6	M	62	Funcional	TDAH	6° EP
28	7.3	M	48	Funcional	TDAH	2° EP

Nota. Edad = años. meses, M = masculino, F = femenino; LKS = síndrome de Landau Keffner; TDAH = Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad; EP = Educación Primaria; ESO = Educación Secundaria Obligatoria; EBO: Educación Básica Obligatoria.

Fuente: Tabla adaptada de [61, p. 214].

B. Procedimiento de Selección de Aplicaciones

Las apps con contenido matemático tenían que cumplir los siguientes criterios de inclusión: (1) poder usarse en dispositivos Android; (2) estar disponibles en Google Play Store siendo gratuitas o teniendo una versión parcial gratuita; (3) permitir practicar algún contenido matemático relacionado con números y operaciones, magnitudes y sus medidas, orientación espacial, geometría o resolución de problemas; (4)

ser usadas por estudiantes con autismo en entornos educativos; (5) obtener una puntuación igual o superior a 23 puntos en la rúbrica de evaluación de Gallardo-Montes et al. [47]; y (6) estar disponible en castellano.

En primer lugar, realizamos una búsqueda de trabajos sobre apps para personas con autismo, apps con contenido matemático y apps con contenido matemático para personas con autismo, usando estos buscadores: Google Scholar, ERIC, World Wide Science y Dialnet. Posteriormente se contactó con los educadores de los participantes para que nos facilitaran las apps que usan con los estudiantes con autismo para trabajar contenidos matemáticos. Tras haber contactado con diez colegios de Educación Primaria, un instituto de Educación Secundaria Obligatoria y cinco asociaciones de España que tienen entre su alumnado a estudiantes con autismo, junto con la búsqueda anteriormente mencionada, se obtuvo un total de cincuenta y ocho apps con contenido matemático.

De estas cincuenta y ocho apps con contenido matemático, trece de ellas fueron excluidas de este trabajo porque, en el momento de la búsqueda, eran apps para sistema operativo IOS: Estas fueron: (1) *1st Operations*; (2) *Eddie Eur*; (3) *Pickerpics*; (4) *Pickerplay*; (5) *Sequences for Kids*; (6) *Complete the series 1*; (7) *Complete the series 2*; (8) *Complete the series 3*; (9) *123 Zoo escribir*; (10) *Opposites 1*; (11) *Opposites 2*, (12) *opuestos free*; (13) *Lazoo squiggles*; y (14) *Tonyhands towers*.

Finalmente se usó Google Play Store para descargar las apps y se pasó a evaluarlas usando los indicadores de Gallardo-Montes et al. [47, p.10-11].

C. Contexto y Materiales

La investigación se llevó a cabo dentro de los contextos educativos formales (colegios e institutos) y no formales (asociaciones) a los que asisten los participantes. Se realizó en un aula libre de distracciones e interrupciones y, dependiendo del lugar de la realización del estudio, se pudo hacer dentro o fuera del horario escolar.

Cada participante asistió de forma individual a una sesión de 45 minutos y en ella empleó una Samsung Galaxy Tab A10.1 con funda y protector de pantalla para trabajar contenido matemático con diferentes apps.

En la Tabla 2 se pueden ver los nombres de las apps seleccionadas, los contenidos que los participantes trabajaron con cada una de ellas y la puntuación que obtuvieron en la rúbrica de Gallardo-Montes et al. [47, p.10-11]. Las apps seleccionadas están ordenadas de mayor a menor puntuación y fueron probadas por las autoras, para comprobar que cumplían el (5) criterio de inclusión, y posteriormente por los participantes de este estudio.

Asimismo, se utilizó una escala de observación con dos valores. Siendo el 0 = el estudiante no necesita ayuda para usar la app con contenido matemático y el 1 = el estudiante sí necesita ayuda para usar la app con contenido matemático. Esto sirvió para comprobar la autonomía de los estudiantes al emplear cada una de las apps y decidir si era necesario que alguna de ellas fuera evaluada también con la rúbrica de Britto y Pizzolato [46].

D. Variable Dependiente e Independiente

La variable dependiente fue el porcentaje de autonomía

mostrado por los participantes durante el manejo de las apps, mientras que la variable independiente fue la puntuación obtenida por las apps en cada ítem de la rúbrica de Gallardo-Montes et al. [47].

E. Procedimiento

Con las cuarenta y cuatro apps descargadas en la Tablet, se pasó a que cada uno de los participantes probara aquellas apps con contenido matemático adecuadas a su nivel, de acuerdo con la información obtenida en las entrevistas realizadas a las familias y educadores. Para ello, cada estudiante asistió a una sesión de 45 minutos, en la que pudo usar cada app durante aproximadamente 10 minutos.

TABLA 2
APPS MATEMÁTICAS SELECCIONADAS

App	Bloque				Apartado app	Puntos
	1	2	3	4		
1. Matemáticas con Grin II 6,7,8	x	x	x	x	Operaciones, multiplicar; dinero; geometría, series figuras, figuras 2D, figuras 3D; problemas	38
2. Matemáticas con Grin I 4,5,6	x	x	x	x	Trazar, escribir; operaciones; dinero; monedas; geometría, series figuras; problemas	37
3. Redacción 123- español	x					33
4. Aventuras en edad preescolar- 1	x				Nivel 1, números; nivel 2 números	33
5. Juegos de matemáticas niños	x				Contar; juego de sumas; juego de restas	33
6. Las series lógicas de Lucas		x			- de 5, figuras planas	33
7. Aprender a escribir números	x				Del 1 al 10	32
8. Aventuras preescolar- 2	x				Nivel 1, números	32
9. iSecuencias Lite		x				32
10. Juegos de tablas de multiplicar	x				Modo de juego	31
11. Bebé Panda: comparaciones		x			Grande-pequeño; mucho-poco; largocorto	30
12. Matemáticas: Multiplicación	x				Práctica, selección automática	30
13. Matemáticas: División	x				Práctica, selección automática	30
14. Aprende las Horas en Español		x			Horas; cuartos: minutos; mix	30
15. Los colores y las formas			x		Figuras: ????	29
16. Baby Pand's Number Friends	x				0-10; 10-20	29
17. El juego de los opuestos		x	x		Elige el correcto	29
18. Expresarse: para niños gratis		x			Fácil	29
19. Sumas y restas para niñas 3-5		x			Birrete, +/-20	29
20. Fracciones matemáticas Lite		x			Practicar, sumas, restas	29
21. Tiggly Adventure		x			Manzana; regalo	28
22. Aprende a contar dinero			x		Monedas; billetes	28
23. LudiTab Orientación espacial			x		LudiTab	27
24. Números 0-100 juego para niños		x			Numbers 1, 2, 3, 4 ...	26
25. Cuenta cosas		x			1-10	26
26. Desafíos más y menos		x	x	x	Nivel 1, sumas y restas, más y menos; nivel 2, sumas y restas, problemas	26
27. Aprende las horas jugando		x				26
28. Geometría 2° primaria			x			26
29. Pocoyó Formas Geométricas			x		Mi mundo; crear formas	26
30. Unidades de Masa 5° Primaria			x		Explora	26
31. Tabla de multiplicar		x			Birrete, unir	25
32. Tablas de Multiplicar		x			Jugar ahora	25
33. Cambio de unidades con la Srta Athena			x		Práctica	25
34. Matemáticas 6 años		x	x		Monedas; peso y capacidad; Geometría, figuras planas	25
35. Matemáticas 7 años		x	x	x	Longitud, peso y capacidad; relojes; geometría, cuerpos geométricos; problemas de sumas y restas	25

36. Matemáticas 8 años	x	x	x		La división, exacta, inexacta; medidas de longitud, múltiplos y submúltiplos; medidas de capacidad y masa, múltiplos y submúltiplos; tiempo y dinero, reloj de agujas, el reloj digital, calcula el precio; los cuerpos geométricos, poliedros	25
37. Matemáticas 9 años	x	x	x	x	La división, exacta, inexacta; medidas de longitud, múltiplos y submúltiplos; medidas de capacidad y masa, múltiplos y submúltiplos; tiempo y dinero, reloj de agujas, el reloj digital, calcula el precio, operaciones con dinero; los cuerpos geométricos, poliedros; sumas y restas, problemas; multiplicación, problemas; división; problemas	25
38. Matemáticas 10 años	x	x			Los números decimales, sumas y restas de números decimales; medidas del sistema sexagesimal, años, semestres, trimestres y meses, lustros, décadas, siglos y milenios	25
39. Matemáticas 11 años	x				Números decimales y operaciones, sumas y restas de números decimales	25
40. Matemáticas 12 años	x				Números decimales y operaciones, sumas y restas de números decimales	25
41. Opuestolandia			x			24
42. Juegos de aprendizaje: números		x			Bolas rodantes	24
43. Número, cuenta para niños			x			24
44. Test fracciones			x			23

Nota. 1 = números y operaciones; 2 = magnitudes y su medida; 3 = geometría y orientación espacial; 4 = problemas.

Fuente: Tabla adaptada de [61, p. 226-227].

III. RESULTADOS

De las 44 aplicaciones seleccionadas, solo dos son altamente recomendables para usuarios con autismo según la rúbrica de Gallardo-Montes et al. [47], *Matemáticas con Grin I 4,5,6; primeros números* y *Matemáticas con Grin II 6,7,8*, como se puede observar en la Tabla 2.

TABLA 3
CARACTERÍSTICAS APPS

App	D1-A2	D1-A5	D2-B3	D2-B5	D3-C1	D3-C3	Refuerzo positivo
1. Matemáticas con Grin II 6,7,8	x	x	x	x	x	x	Oral, sonoro, visual
2. Matemáticas con Grin I 4,5,6	x	x	x	x	x	x	Oral, sonoro, visual
3. Redacción 123- español	x	x		x			Sonoro
4. Aventuras en edad preescolar- 1	x	x	x		x		Oral, sonoro, visual
5. Juegos de matemáticas niños	x	x	x	x			Oral, sonoro, visual
6. Las series lógicas de Lucas	x	x	x		x		Oral, sonoro
7. Aprender a escribir números	x						Oral, sonoro, visual
8. Aventuras preescolar- 2	x	x	x		x		Oral, sonoro, visual
9. iSecuencias Lite	x	x	x	x	x		Oral, sonoro
10. Juegos de tablas de multiplicar	x		x		x	x	Sonoro, visual
11. Bebé Panda: comparaciones	x		x	x			Oral, visual
12. Matemáticas: Multiplicación	x		x	x	x	x	Visual
13. Matemáticas: División	x		x	x	x	x	Visual
14. Aprende las Horas en Español	x	x	x	x	x	x	Oral, sonoro
15. Los colores y las formas	x		x		x	x	Oral, visual
16. Baby Pand's Number Friends	x		.x				Oral, sonoro, visual
17. El juego de los opuestos	x		x		x		Oral, sonoro, visual
18. Expresarse: para niños gratis	x	x	x	x	x		Sonoro, visual
19. Sumas y restas para niñas 3-5	x		x				Visual
20. Fracciones matemáticas Lite	x		x	x		x	Oral, sonoro
21. Tiggly Adventure				x	x		Visual
22. Aprende a contar dinero		x		x		x	Oral, sonoro, visual
23. LudiTab Orientación espacial			x	x			Sonoro
24. Números 0-100 juego para niños			x	x			Visual
25. Cuenta cosas	x		x			x	Visual
26. Desafíos más y menos	x	x	x	x		x	Sonoro, visual
27. Aprende las horas jugando	x					x	Oral, sonoro, visual
28. Geometría 2° primaria	x						Oral, sonoro, visual
29. Pocoyó Formas Geométricas	x	x	x		x		Sonoro
30. Unidades de Masa 5° Primaria	x	x	x	x	x		Visual

31. Tabla multiplicar		x		x			Sonoro
32. Tablas Multiplicar		x		x			Visual, sonoro
33. Cambio de unidades con la Srta Athenea		x		x	x		Visual
34. Matemáticas años	6	x		x		x	Visual
35. Matemáticas años	7	x		x		x	Visual
36. Matemáticas años	8	x		x		x	Visual
37. Matemáticas años	9	x		x		x	Visual
38. Matemáticas años	10	x		x		x	Visual
39. Matemáticas años	11	x		x		x	Visual
40. Matemáticas años	12	x		x		x	Visual
41. Opuestolandia		x					Sonoro, visual
42. Juegos de aprendizaje: números			x	x		x	Sonoro
43. Número, cuenta para niños			x	x			Oral, sonoro, visual
44. Test fracciones		x					Visual, sonoro

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los contenidos matemáticos, como se observa en la Tabla 2, la mayoría de las aplicaciones se centran en números y operaciones, seguidas de magnitudes y su medida, y solo un reducido número de aplicaciones contienen problemas aritméticos. Al cumplir todas la aplicaciones el criterio (4) de selección, se evidencia que los estudiantes con autismo tienen más dificultades en los contenidos numéricos, ya que se usa un mayor número de aplicaciones para practicar esos contenidos.

Al puntuar las aplicaciones con la rúbrica de Gallardo-Montes et al. [47] se observó que ninguna de las 44 aplicaciones permite realizar cambios en el tamaño del texto ni de las imágenes (D1) ni añadir imágenes o pictogramas personalizados (D3). Sin embargo, algunas de las apps sí que contienen la opción de elegir un avatar de entre varios dados (*Matemáticas con Grin I 4,5,6; primeros números; Matemáticas con Grin II 6,7,8; El juego de los opuestos; Cambio de unidades con la Srta Athenea*).

Al realizar la evaluación inicial de las aplicaciones, se examinaron con detalle algunos indicadores de la rúbrica de Gallardo-Montes et al. [47] que consideramos esenciales para usuarios con autismo, encontrando que las aplicaciones verifican las siguientes características (Tabla 3): el 86,36% tienen una estética clara (D1-A2), el 38,64% tiene actividades que se resuelven pulsando y arrastrando (D1-A5), el 81,82% están estructuradas en categorías (D2-B3), el 36,36% tiene instrucciones/indicaciones (D2-B5), el 38,64% tiene distractores opcionales (D3-C1) y el 45,45% ofrece reportes sobre aciertos y/o errores (D3-C3). Además, el refuerzo positivo se transmite al usuario por medio de un mensaje oral (38,64%), sonoro (54,54%) y visual (75%).

En la Tabla 4 se pueden ver los contenidos matemáticos trabajados, los estudiantes que usaron cada app, la respuesta de cada app cuando el usuario acierta o falla y el porcentaje de autonomía obtenido por los usuarios referente a cada app. Las aplicaciones aparecen ordenadas de mayor a menor porcentaje de autonomía, tomando como referencia para hacer esta ordenación el menor valor obtenido por la aplicación en cualquiera de los apartados.

El porcentaje de autonomía de cada apartado probado de la app se obtuvo por medio de esta operación: suma de las

puntuaciones obtenidas por los estudiantes entre el número de estudiantes y la multiplicación de este resultado por 100. Empleamos una escala para valorar el grado de autonomía que mostraron los participantes durante el manejo de cada app: de forma independiente/sin ayuda (75-100%), necesita ayuda notable (50-74%), necesita ayuda severa (25-49%), presenta una total dependencia (0-24%).

Los resultados muestran que, a pesar de que gran parte de las aplicaciones no eran específicas para alumnado con autismo, 29 de ellas (65,9%) pudieron ser utilizadas de forma autónoma (75-100%) por los participantes del estudio (15 de ellas alcanzando un 100%), usándolas sin esfuerzo y con alto grado de motivación. Estos participantes se mostraron felices manejando estas apps e incluso pedían seguir usándolas. Ocho apps lograron el siguiente grado de autonomía (50-74%), los participantes las manejaron con esfuerzo, solicitaron ayuda para realizar el conteo de las imágenes que les iban apareciendo en pantalla, y algunos participantes necesitaron papel y lápiz para realizar operaciones sobre unidades de medida. Aun así, mostraron baja ansiedad y grado medio de entretenimiento y motivación.

Siete aplicaciones obtuvieron un porcentaje por debajo del 50% de autonomía. Con las dos apps entre el 25% y el 49% de autonomía, los participantes necesitaron ayuda muy notable y realizaron mucho esfuerzo para manejarlas. Se observó un nivel medio de ansiedad y baja motivación, ya que los participantes se salían de la aplicación y pedían ayuda debido a dificultades en la motricidad fina y coordinación óculo-manual. Cinco de las apps obtuvieron un grado casi nulo de autonomía porque los participantes apenas fueron capaces de manejarlas, ni siquiera haciendo un gran esfuerzo. Mostraron mucha ansiedad y grado nulo de motivación al no comprender lo que se les estaba pidiendo; la frustración llevó a alguno de ellos a tirar la Tablet y a otros a intentar salir del aula o meterse debajo de la mesa.

Las aplicaciones que sí son específicas para ciertos usuarios son: *Opuestolandia*, que es específica para personas con Síndrome de Down; *iSecuenciasLite* para niños con autismo o con otras necesidades; y *Desafíos más y menos*, creada para niños con necesidades educativas.

Respecto a los contenidos trabajados, una vez hecha la selección recogida en la Tabla 4, podemos observar que las 15 aplicaciones con mejor puntuación trabajan operaciones aritméticas o contenidos relativos al tiempo, y que, en el conjunto de las 29 mejor situadas, los contenidos numéricos son mayoritarios, seguidos de las unidades de medida.

Las siete apps que obtuvieron un porcentaje igual o inferior al 50% son: (1) *Matemáticas con Grin I 4,5,6 primeros números*; (2) *Expresarse: para niños gratis*; (3) *Tiggly Adventure*; (4) *LudiTab Orientación espacial*; (5) *Números 0-100 juego para niños*; (6) *Juegos de aprendizaje* (7) *Número, cuenta para niños*.

Para obtener más información sobre estas apps y averiguar aquellas categorías que necesitan ser mejoradas para poder ser empleadas de forma autónoma por usuarios con autismo, las aplicaciones fueron evaluadas siguiendo las pautas de accesibilidad de Britto y Pizzolato [46]. Estas obtuvieron los porcentajes que se muestran en la Tabla 5.

Como se observa en la Tabla 5, las categorías en las que las aplicaciones obtienen puntuaciones altas en C y N/A son: G2 (personalización), G4 (representación redundante), G5 (multimedia) y G9 (interacción con el sistema). En esas categorías obtienen los mayores porcentajes globales de C y N/A, que se sitúan entre el 66% y el 100% en la práctica totalidad de las aplicaciones. Seguidas de las categorías G1 y G8, en las que obtienen un 50%.

TABLA 4
PORCENTAJE DE AUTONOMÍA AL USAR LAS APPS

App	Contenido	Estudiantes	%
3. Redacción 123- español	Escritura de números	1, 5, 8, 22, 23, 26	100
9. iSecuencias Lite	Secuencias temporales	9, 27	100
10. Juegos de tablas de multiplicar	Tablas de multiplicar	11, 18, 20	100
12. Matemáticas: Multiplicación	Multiplicar	15, 20	100
13. Matemáticas: División	Dividir	15	100
14. Aprende las Horas en Español	Tiempo	2, 3, 4, 6, 7, 10, 16, 17, 25	100

Nota. * = necesitó ayuda para usar la app.

Fuente: Tabla adaptada de [61, p. 527-529].

TABLA 4
(CONTINUACIÓN)

19. Adición y sustracción (+/- 20)	Sumas y restas con llevadas	3, 11, 17, 20	100
20. Fracciones matemáticas Lite	Sumas y restas de fracciones	18, 20	100
27. Aprende las horas jugando	Tiempo	2, 3, 4, 6, 7, 10, 16, 17, 25	100
31. Tabla de multiplicar	Tablas de multiplicar	11, 18, 20	100
32. Tablas de Multiplicar	Tablas de multiplicar	11, 18, 20	100
38. Matemáticas 10 años	Sumas y restas con decimales	3, 17, 20	100
	Tiempo	6, 10, 12, 13, 15, 16	100
39. Matemáticas 11 años	Sumas y restas con decimales	3, 17, 20	100
40. Matemáticas 12 años	Sumas y restas con decimales	3, 17, 20	100
44. Test fracciones	Sumas y restas de fracciones	18, 20	100

11. Bebé Panda: comparaciones	Unidades de medida	3, 5, 8, 9, 19, 21*, 22, 23, 24, 25, 27, 28	92,67
41. Opuestolandia	Unidades de medida	3, 5, 8, 9, 19, 21*, 22, 23, 24, 26, 27, 28	92,67
35. Matemáticas 7 años	Unidades de medida	6, 10, 12, 13	100
	Tiempo	6, 10, 12, 13, 15, 16	100
	Problemas	3, 4, 6, 10, 12, 13, 14, 15*, 16, 17, 20	90,90
15. Los colores y las formas	Figuras planas	6, 7, 8, 11, 14, 15, 16, 18*, 19, 26, 28	90,90
28. Geometría 2º primaria	Cuerpos geométricos	6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21*	90
29. Pocoyó Geométricas	Formas Figuras planas	6, 7, 8, 11, 14, 16, 18*, 19, 28, 26	90
22. Aprende a contar dinero	Dinero	2, 3, 6, 7, 14, 25, 27*	85,71
6. Las series lógicas de Lucas	Series con figuras planas	8, 9, 21*, 22, 24, 27	83,33
4. Aventuras en edad preescolar 1	Parejas de números	5, 21*, 22, 23, 24	80
8. Aventuras preescolar 2	Parejas de números	5, 21*, 22, 23, 24	80
16. Baby Panda's Number Friends	Sumas y restas con llevadas	3, 11, 17	100
	Sumas y restas sin llevadas	3, 7, 14, 20, 26*	80
17. El juego de los opuestos	Unidades de medida y conceptos espaciales	3, 5, 8, 9, 19, 21*, 22, 23, 24*, 26*, 27, 28	75
30. Unidades de Masa 5º Primaria	Unidades de medida	6*, 10, 12, 13	75
33. Cambio de unidades con la Srta Athenea	Multiplicar	15, 20	100
	Dinero	2, 3, 7, 14, 17, 25, 26, 27	100
	Problemas	3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 15*, 16, 17, 20	100
1. Matemáticas con Grin II 6,7,8	Series geométricas	8, 9, 21*, 22, 24, 27	83,33
	Cuerpos geométricos	6, 7, 8*, 9*, 11, 13, 14, 15, 16, 21*, 22*, 23	66,67
5. Juegos de matemáticas para niños: sumas y restas	Sumas y restas sin llevadas	3, 7, 14, 20, 26	100
	Asociar número con cantidad	1, 5, 8, 9, 19*, 21*, 22, 23, 26*, 27, 28*	63,64
25. Cuenta cosas	Asociar número con cantidad	1, 5, 8*, 9, 19*, 21*, 22, 23, 26, 27, 28*	63,64
	Unidades de medida	6, 10, 12, 14	100
34. Matemáticas 6 años	Figuras planas	6, 10, 12, 13, 14, 15, 16	100
	Dinero	2*, 3, 7, 14*, 17, 25, 27*	62,5
	Dividir	15	100
36. Matemáticas 8 años	Unidades de medida	6, 10, 12, 13	100
	Tiempo	6, 10, 12, 13, 15, 16	100
	Cuerpos geométricos	6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21*, 22*	81,81
	Dinero	2*, 3, 7, 14*, 17, 20, 24, 27*	62,5

Nota. * = necesitó ayuda para usar la app.

Fuente: Tabla adaptada de [61, p. 527-529].

TABLA 4
(CONTINUACIÓN)

	Unidades de medida	6, 10, 12, 13	100
	Tiempo	6, 10, 12, 13, 15, 16	100
37. Matemáticas 9 años	Problemas	3, 4, 6, 10, 12, 13, 14 15*, 16, 17, 20	90,90
	Cuerpos geométricos	6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21*, 22*	81,81
	Dinero	2*, 3, 7, 14*, 17 25, 27*	62,5
7. Los números en español y como escribirlos	Escritura de números	1*, 5, 8*, 22*, 23, 26	50
	Sumas y restas sin llevadas	3, 7, 14, 20, 26	100
	Sumas y restas con llevadas	3, 11, 17, 20	100
26. Desafíos más y menos	Problemas	3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 20	100
	Más-menos	6, 9*	50
	Sumas y restas sin llevadas	3, 7, 14, 20, 26	100
	Dinero	2, 3, 7, 14, 17, 25, 36, 27	100
2. Matemáticas con Grin I 4,5,6	Problemas	3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 20	100
	Series geométricas	8, 9, 21*, 22, 24, 27	83,33
	Figuras planas	6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18*, 19*, 28	83,33
	Escritura de número	1, 5*, 8*, 22*, 23, 26*	33,33
21. Tiggly Adventure	Asociar número con cantidad	1*, 5*, 8*, 9, 19, 21*, 22*, 23*, 26, 27*, 28*	27,27
23. LudiTab Orientación espacial apartado "LudiTab"	Conceptos espaciales	3*, 5*, 8*, 9, 19*, 21*, 22*, 23*, 24	22,22
42. Juegos de aprendizaje: números apartado "bolas rodantes"	Parejas de números	5*, 21*, 22*, 23*, 24	20
43. Número, cuenta para niños apartado "necesito"	Asociar número con cantidad	1*, 5*, 8*, 9, 19*, 21*, 22*, 23, 26*, 27*, 28*	18,18
18. Expresarse: para niños gratis apartado "fácil"	Secuencias temporales	9*, 27*	0
24. Números 0-100 juego para niños	Escritura de números	1*, 5*, 8*, 22*, 23*, 26*	0

Nota. * = necesitó ayuda para usar la app.

Fuente: Tabla adaptada de [61, p. 527-529].

TABLA 5
PORCENTAJE OBTENIDO EN CADA CATEGORÍA POR LAS APPS
CON AUTONOMÍA INFERIOR AL 50%

App	%	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
2.	A	50	0	100	0	33,33	0	66,67	50	0	100
	B	0	0	0	0	33,33	0	0	50	33,33	0
	C	0	100	0	33,33	33,33	100	33,33	0	66,67	0
	N/A	50	0	0	66,67	0	0	0	0	0	0
18.	A	100	0	100	33,33	66,67	0	66,67	50	0	100
	B	0	25	0	33,33	0	100	0	0	33,33	0
	C	0	75	0	33,33	33,33	0	33,33	50	66,67	0
	N/A	50	0	0	66,67	0	0	0	0	0	0
21.	A	50	0	75	0	33,33	0	75	50	0	100
	B	0	0	0	0	0	100	0	0	33,33	0
	C	0	100	25	66,67	66,67	0	25	50	66,67	0
	N/A	50	0	0	33,33	0	0	0	0	0	0
23.	A	50	0	75	0	33,33	0	75	50	0	100
	B	0	0	0	33,33	0	100	0	0	33,33	0
	C	25	100	25	66,67	66,67	0	25	50	66,67	0
	N/A	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.	A	50	0	75	0	33,33	0	66,67	50	0	100
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	75	25	66,67	66,67	100	33,33	50	100	0
	N/A	50	25	0	33,33	0	0	0	0	0	0
42.	A	50	25	75	0	33,33	0	75	50	0	100
	B	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
	C	0	25	25	75	66,67	0	25	50	100	0
	N/A	50	50	0	25	0	0	0	0	0	0
43.	A	50	0	75	0	33,33	0	66,67	50	0	100
	B	0	25	0	0	0	100	0	0	0	0
	C	25	50	25	100	66,67	0	33,33	50	100	0
	N/A	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota. 2 = Matemáticas con Grin I 4,5,6 primeros números apartado "trazar, escribir". 18 = Expresarse: para niños gratis apartado "fácil". 21 = Tiggly Adventure. 23 = LudiTab Orientación espacial apartado "Luditab". 24 = Números 0-100 juego para niños apartado "numbers 1,2,3,4...". 42 = Juegos de aprendizaje: números apartado "bolas rodantes". 43 = Número, cuenta para niños apartado "necesito".

Fuente: Tabla adaptada de [61, p. 242].

En la Tabla 6 puede verse el porcentaje global de cada apartado, además del porcentaje de autonomía resultante de la puesta en práctica y el número de participantes que probaron la aplicación. Considerando las puntuaciones obtenidas en las

categorías de la rúbrica de Britto y Pizzolato [46] y ordenando las aplicaciones de mejor a peor, observamos que ninguna de ellas alcanza un 60% de puntuaciones A, y todas salvo *Expresarse*, obtienen un 50% o más entre C y N/A, siendo el porcentaje de autonomía variable.

TABLA 6
PORCENTAJE GLOBAL

	A	B	C	N/A	%Au
18. Expresarse: para niños gratis apartado "fácil"	53,57	14,29	32,14	0	0
2. Matemáticas con Grin I 4,5,6 apartado "trazar, escribir"	39,29	10,71	35,71	14,29	33,33
42. Juegos de aprendizaje: números apartado "bolas rodantes"	39,28	3,57	39,28	17,86	20
23. LudiTab Orientación espacial apartado "Luditab"	35,71	10,71	50	3,57	22,22
43. Número, cuenta para niños apartado "necesito"	35,71	7,14	50	7,14	18,18
21. Tiggly Adventure apartados "manzana; regalo"	35,71	7,14	46,43	10,71	27,27
24. Números 0-100 juego para niños apartado "numbers 1,2,3,4..."	35,71	0	50	14,29	0

Fuente: Elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN

El uso de dispositivos tecnológicos como Tablet o iPad motiva al alumnado con autismo y mejora su desempeño académico en las actividades realizadas con este soporte [15][16][17][27][18][21].

Concretamente en Matemáticas, las aplicaciones educativas con contenidos matemáticos están demostrando ser un recurso eficaz para la mejora del desempeño y la autonomía de estudiantes con autismo [22][23][24][26][28][29][30].

Teniendo en cuenta la falta de aplicaciones educativas con contenido matemático adaptadas para usuarios con autismo [48][49][50], se realizó una búsqueda y evaluación de apps en castellano para sistema operativo Android que trabajan contenidos matemáticos. Se seleccionaron 44 apps que cumplieran el requisito de ser al menos recomendables para usuarios con autismo, de las cuales solo dos son altamente recomendables para usuarios con autismo según la rúbrica de Gallardo-Montes et al. [47], evidenciando una falta de aplicaciones de calidad adecuadas para este tipo de usuarios, tal y como afirman otros autores [48][49][50].

Además, se valoró la autonomía mostrada por usuarios con autismo, al utilizar las aplicaciones seleccionadas, concluyendo que la calificación de recomendable en la rúbrica de Gallardo-Montes et al. [47] no garantiza que la app sea adecuada para este tipo de usuarios, ya que un 15,9% de las apps (7 de 44) no pudieron ser empleadas en su totalidad por el grupo de prueba con una autonomía de al menos el 50%. Al puntuar estas aplicaciones según la rúbrica de Britto y Pizzolato [46], todas obtienen menos de un 60% de A, por lo que se concluye que ninguna de las aplicaciones es recomendable para usuarios con autismo. Estos resultados nos permiten verificar parcialmente la hipótesis de partida, ya que la combinación de ambos instrumentos de evaluación sí ha sido efectiva para dirimir la adecuación de las aplicaciones.

En el caso de la app *Expresarse*, sería necesario ampliar la muestra para determinar con mayor fiabilidad el porcentaje de autonomía, al haber sido utilizada únicamente por dos participantes. La aplicación *Matemáticas con Grin I 4,5,6* obtiene buenos porcentajes de autonomía en todos los apartados salvo en "trazar, escribir". Esto evidencia una carencia en las rúbricas existentes, ya que consideran las aplicaciones en su totalidad, sin distinguir entre sus apartados,

que a menudo incluyen tareas diversas y de accesibilidad variable.

A pesar de que existen aplicaciones y/o entornos digitales con contenidos matemáticos, expresamente diseñados para estudiantes con autismo, muchos de ellos no están disponibles para su descarga en internet o plataformas como Google Play Store, carecen de contenido en varios idiomas o carecen de mantenimiento por parte de los investigadores que los desarrollaron, suponiendo esto una importante limitación para su uso efectivo en entornos educativos [35][36][39][42].

V. CONCLUSIÓN

Por un lado, el presente estudio contribuye a la literatura existente, aportando una selección final de 38 apps (incluyendo *Matemáticas con Grin I 4,5,6*) en castellano disponibles en Google Play que trabajan contenidos matemáticos, recogidos en la Tabla 2, que son recomendables o altamente recomendables para usuarios con autismo [47] y que pueden ser utilizadas por estos con una autonomía de al menos el 50%. De ellas, 29 fueron utilizadas de forma autónoma por los participantes, mostrando un alto grado de motivación durante su manejo. Además, al haber considerado diferentes criterios de selección, ninguna de estas apps aparece en estudios previos [49][50], por lo que nuestro trabajo amplía la selección existente.

Por otro lado, para aumentar el porcentaje de autonomía en el uso de estas apps por parte de usuarios con autismo, deberían mejorarse aquellos aspectos de las pautas de accesibilidad [46] y rúbricas de evaluación [47] en los que obtienen menor puntuación, como la personalización, la representación en diversos formatos, la retroalimentación y la interacción con el sistema.

El siguiente paso sería comprobar si el uso de esta selección de aplicaciones ayuda a los usuarios con autismo a mejorar su desempeño y disminuir sus dificultades en los contenidos matemáticos que pueden practicarse con las apps.

Finalmente, es necesaria la implementación de apps específicas para usuarios con autismo que cumplan las pautas de accesibilidad mencionadas y que estén disponibles en varios idiomas para mejorar la inclusión de este tipo de alumnado.

Además de la implementación de nuevas aplicaciones, futuras líneas de trabajo incluyen la realización de estudios en los que se empleen las aplicaciones con alumnado con autismo en entornos inclusivos (que solo será factible si los estudiantes pueden emplearlas de forma autónoma); estudios en los que se elabore un plan formativo para solventar algunas de las dificultades que tienen los maestros a la hora de emplear estos recursos en el aula; y estudios en los que se considere la opinión de las familias sobre la viabilidad del uso de este tipo de aplicaciones educativas en su entorno familiar, teniendo en cuenta las posibles dificultades que puedan tener los usuarios con autismo y la eventual falta de formación específica de los familiares en enseñanza y aprendizaje de Matemáticas.

REFERENCES

- [1] American Psychiatric Association, "Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Text Revision (5th ed.), DSM-V-TR". Washington, DC: American Psychiatric Association, 2022.
- [2] S. Ozonoff, and P.L. Schetter, "Executive dysfunction in autism spectrum disorders," in *Executive function in education: from theory to practice*, L. Meltzer, Ed. New York: Guilford Press. 2007. pp.133-160.
- [3] U. Frith, "Autism: Explain the enigma". Cambridge, USA: Blackwell, 1989.
- [4] T. Grandin, "Thinking in pictures". Nueva York: Vintage Books, 1995.
- [5] D. Aagten-Murphy, C. Attucci, N. Daniel, E. Klaric, D. Burr, and E. Pellicano. (2015, March). "Numerical estimation in children with autism," *Autism Research*, 8(6), 668-681. <https://doi.org/10.1002/aur.1482>
- [6] J. C. Bullen, L. Swain, L. Lerro, M. Zajic, N. McIntyre, and P. Mundy. (2020, April). "A developmental study of mathematics in children with autism spectrum disorder, symptoms of attention deficit hyperactivity disorder, or typical development," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 50(12), 4463-4476. <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04500-9>
- [7] M. Moschoni. (2019). "Research of early mathematical competence of child with autism spectrum disorder: Case study," *Asian Journal of Applied Science and Technology*, 3(1), 168-186.
- [8] J. Park, L. Bassette, and E. Bouck. (2021, February). "Using TouchMath to teach money identification to students with autism spectrum disorders: A brief report," *International Journal of Disability, Development and Education*, 1-9. <https://doi.org/10.1080/1034912X.2021.1882665>
- [9] H. Ramírez, M. Cengher, and D. M. Fienup. (2014, December). "The effects of simultaneous prompting on the acquisition of calculating elapsed time in children with autism," *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 26(6), 763-774. <https://doi.org/10.1007/s10882-014-9394-0>
- [10] P. L. Weng, and E. C. Bouck. (2014). "Using video prompting via iPads to teach price comparison to adolescents with autism," *Research in Autism Spectrum Disorders*, 8(10), 1405-1415. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2014.06.014>
- [11] M. I. Santos, A. Breda, and A. M. Almeida. (2015, March). "Brief report: Preliminary proposal of a conceptual model of a digital environment for developing mathematical reasoning in students with autism spectrum disorders," *Journal of autism and developmental disorders*, 45(8), 2633-2640. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2414-9>
- [12] Y. S. Bae, "Mathematical word problem solving of students with autism spectrum disorders and students with typical development (Doctoral Thesis)," University of Colombia., Colombia, 2013.
- [13] I. Polo-Blanco, P. Suárez-Pinilla, J. Goñi-Cervera, M. Suárez-Pinilla, and B. Payá. (2022, November). "Comparison of Mathematics Problem-Solving Abilities in Autistic and Non-autistic Children: the Influence of Cognitive Profile," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10803-022-05802-w>
- [14] A. Cabanillas-Tello, and M. Cabanillas-Carbonell, "Application software analysis for children with autism spectrum disorder: A review of the scientific literature from 2005-2020," in *IEEE. 2020 International Conference on e-Health and Bioengineering*, pp. 1-4).
- [15] E. R. Hong, L. Y. Gong, J. Ninci, K. Morin, J. L. Davis, S. Kawaminami, Y. Shi, and F. Noro. (2017, November). "A meta-analysis of single-case research on the use of tablet-mediated interventions for persons with ASD," *Research in developmental disabilities*, 70, 198-214. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.09.013>
- [16] K. Ledbetter-Cho, M. O'Reilly, R. Lang, L. Watkins, and N. Lim. (2018, Abril). "Meta-analysis of tablet-mediated interventions for teaching academic skills to individuals with autism," *Journal of autism and developmental disorders*, 48(9), 3021-3036. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3573-2>
- [17] K. B. Aspiranti, K. H. Larwin, and B. P. Schade. (2020, Junio). "iPads/tablets and students with autism: A meta-analysis of academic effects," *Assistive Technology*, 32(1), 23-30. <https://doi.org/10.1080/10400435.2018.1463575>
- [18] K. H. Larwin, and K. B. Aspiranti. (2019, February). "Measuring the academic outcomes of iPads for students with autism: A meta-

- analysis," *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 6, 233-241. <https://doi-org.dist.lib.usu.edu/10.1007/s40489-019-001>
- [19] A. P. Correia, and A. L. Halabi. (2021, Octubre). "Tablet devices in the classroom: Their instructional role with children on the autism spectrum," *Journal of Educational Technology Systems*, 50(2), 273-293. <https://doi.org/10.1177/00472395211047930>
- [20] N. Rasche, and C. Z. Qian, "Work in progress: Application design on touch screen mobile computers (TSMC) to improve autism instruction," in *IEEE. 2012. Proceedings Soaring to New Heights in Engineering Education*, pp. 1-2.
- [21] N. López-Bouzas, and M.E. del Moral-Pérez. (2023, May). "Gamified Environments and Serious Games for Students with Autistic Spectrum Disorder: Review of Research," *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s40489-023-00381-7>
- [22] D. Liu, Y. Mao, W. Cai, Q. Lei, R. Kang, and Y. Zeng. (2023, August) "Meta-Analysis of Tablet-Mediated Interventions to Teach Mathematics for Individuals with Autism Spectrum Disorder and/or Intellectual Disability," *Journal of Special Education Technology*, 0(0), 1-17. <https://doi.org/10.1177/01626434231180579>
- [23] M. Zhang, R. P. Trussell, B. Gallegos, and R. R. Asam. (2015, January). "Using math apps for improving student learning: An exploratory study in an inclusive fourth grade classroom," *TechTrends*, 59(2), 32-39. <https://doi.org/10.1007/s11528-015-0837-y>
- [24] P. O'Malley, M. E. B. Lewis, C. Donehower, and D. Stone. (2014). "Effectiveness of using iPads to increase academic task completion by students with autism," *Universal Journal of Educational Research*, 2(1), 90-97. <https://doi.org/10.13189/ujer.2014.020111>
- [25] C. Wong, S. L. Odom, K. A. Hume, A. W. Cox, A. Fettig, S. Kucharczyk, M. E. Brock, J. B. Plavnick, V. P. Fleury, and T. R. Schultz. (2015, July). "Evidence-Based Practices for Children, Youth, and Young Adults with Autism Spectrum Disorder: A Comprehensive Review," *Journal of Autism and Developmental Disorder*. 45(7):1951-1966. <http://doi.org/10.1007/s10803-014-2351-z>
- [26] K. Ledbetter-Cho, M. O'Reilly, L. Watkins, R. Lang, N. Lim, K. Davenport, and C. Murphy. (2020, April). "The effects of a teacher-implemented video-enhanced activity schedule intervention on the mathematical skills and collateral behaviors of students with autism," *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10803-020-04495-3>
- [27] S. Arthanat, C. Curtin, and D. Knotak. (2013, October). "Comparative observations of learning engagement by students with developmental disabilities using an iPad and computer: A pilot study," *Assistive Technology*, 25(4), 204-213. <https://doi.org/10.1080/10400435.2012.761293>
- [28] E. C. Bouck, R. Satsangi, T. T. Doughty, and W. T. Courtney, W. (2014, January). "Virtual and concrete manipulatives: A comparison of approaches for solving mathematics problems for students with autism spectrum disorder," *Journal of Autism and developmental disorders*, 44(1), 180-193. <http://doi.org/10.1007/s10803-013-1863-2>.
- [29] L. Bassette, E. Bouck, J. Shurr, J. Park, M. Cremeans, E. Rork, K. Miller, and S. Geiser. (2020, June). "A comparison of manipulative use on mathematics efficiency in elementary students with autism spectrum disorder," *Journal of Special Education Technology*, 35(4), 179-190. <https://doi.org/10.1177/0162643419854504>
- [30] L. Bassette, E. Bouck, J. Shurr, J. Park, and M. Cremeans. (2019, December). "Comparison of concrete and app-based manipulatives to teach subtraction skills to elementary students with autism," *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 54(4), 391-405.
- [31] J. Shurr, E. C. Bouck, L. Bassette, and J. Park. (2021, December). "Virtual versus Concrete: A comparison of mathematics manipulatives for three elementary students with autism," *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 36(2), 71-82. <https://doi.org/10.1177/1088357620986944>
- [32] H. M. Long, E. C. Bouck, and H. Kelly. (2023, September). "An Evidence-Based Practice Synthesis of Virtual Manipulatives for Students with ASD and IDD," *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 38(3), 147-157. <https://doi.org/10.1177/10883576221121654>
- [33] G. Yakubova, B. B. Chen, M. N. Al-Dubayan, and S. Gupta. (2023, May). "Virtual Instruction in Teaching Mathematics to Autistic Students: Effects of Video Modeling, Virtual Manipulatives, and Mathematical Games," *Journal of Special Education Technology*, 0(0), 1-16. <https://doi.org/10.1177/01626434231177875>
- [34] A. I. Soysa, and A. Al Mahmud. (2019, May). "Technology for Children with Autism Spectrum Disorder: What Do Sri Lankan Parents and Practitioners Want?," *Interacting with Computers*, 31(3), 282-302. <https://doi.org/10.1093/iwc/iwz020>
- [35] M. F. Kamaruzaman, N. M. Rani, H. M. Nor, and M. H. H. Azahari. (2016, February). "Developing user interface design application for children with autism," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 217, 887-894. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.022>
- [36] A. Tashnim, S. Nowshin, F. Akter, and A. K. Das, "Interactive interface design for learning numeracy and calculation for children with autism," in *IEEE. 2017. 9th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering*, pp. 1-6.
- [37] L. T. Carvalho, and M. Cunha, "123 Autismo: Um aplicativo móvel para auxiliar no ensino de habilidades iniciais da matemática a crianças com autismo," in *SBC. 2019. Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, pp. 1172-1179.
- [38] R. Muñoz-Soto, C. Becerra, R. Noël, T. Barcelos, R. Villarroel, S. Kreisel, and M. Camblor, "Proyecto@ matemáticas: A learning object for supporting the practitioners in autism spectrum disorders," in *IEEE. 2016. XI Latin American Conference on Learning Objects and Technology (LACLO)*, pp. 1-6.
- [39] M. I. Santos, A. Breda, and A. M. Almeida, "Learning environment for autism spectrum disorders: a universal approach to the promotion of mathematical reasoning," in *DSAI. 2016. 7th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*, pp. 162-169.
- [40] I. M. Santos, A. Breda, and A. M. Almeida. (2020, January). "Promoting geometric reasoning in students with autism spectrum disorder through a digital environment," *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 34, 375-398. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n67a02>
- [41] S. Caria, F. Paternò, C. Santoro, and V. Semucci. (2018, May). "The design of web games for helping young high-functioning autistics in learning how to manage money," *Mobile Networks and Applications*, 23(6), 1735-1748. <https://doi.org/10.1007/s11036-018-1069-0>
- [42] O. O. Büyüyük, A. Nizam, E. M. Akgül, and A. Y. Çamurcu. (2019, January). "A novel money teaching method for autism spectrum disorder children using computer-enhanced techniques," *Journal of Individual Differences in Education*, 1(2), 80-88.
- [43] T. Ntalindwa, M. Nduwingoma, E. Karangwa, T. Rashid Soron, A. Uworwabayehe, and A. Uwizeza. (2021, August), "Development of a Mobile App to Improve Numeracy Skills of Children with Autism Spectrum Disorder: Participatory Design and Usability Study," *JMIR Pediatr Parent*, 4(3): e21471. <https://doi.org/10.2196/21471>
- [44] M. Siedler, R. Cardoso, J. Krebs, and T. Tavares. "ArrasTE-A: Desenvolvendo habilidades em crianças autistas através de um jogo digital," in *SBC. 2022. Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pp. 1412-1421.
- [45] E. Vallefucio, C. Bravaccio, G. Gison, and A. Pepino. "Design of a serious game for enhancing money use in teens with autism spectrum disorder," in *Salento AVR. 2021. Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics 8th International Conference*, pp. 339-347.
- [46] T. Britto, and E. Pizzolato, "Towards web accessibility guidelines of interaction and interface design for people with autism spectrum disorder," in *ACHI. 2016. The Ninth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, pp.138-144.
- [47] C. P. Gallardo-Montes, M. J. Caurcel-Cara, and A. Rodríguez-Fuentes. (2021, August). "Diseño de un sistema de indicadores para la evaluación y selección de aplicaciones para personas con Trastorno del Espectro Autista," *Revista electrónica Educare*, 25(3), 1-24. <https://doi.org/10.15359/ree.25-3.18>
- [48] C. Y. Scotini, F. T. Orsati, y E. C. D. Macedo. (2021, June). "Research and assessment of applications accessibility to support the learning of children with autism spectrum disorders diagnosis," *Cadernos de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento*, 21(1), 39-67. <http://dx.doi.org/10.5935/cadernosdisturbios.v21n1p39-67>

- [49] C. P. Gallardo-Montes, M. J. Caurcel Cara, E. Crisol Moya, and S. Jarque Fernández. (2021, May). "Assessment of Apps aimed at developing basic instrumental skills in autistic children and teenagers," *Mathematics*, 9(9), 1032. <https://doi.org/10.3390/math9091032>
- [50] C. P. Gallardo-Montes, M. J. Caurcel-Cara, and A. Rodríguez-Fuentes. (2021, October). "Technologies in the education of children and teenagers with autism: Evaluation and classification of apps by work areas," *Education and Information Technologies*, 27, 1-29. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10773-z>
- [51] M. Sanromà-Giménez, J. L. Lázaro Cantabrana, M. Usart Rodríguez, and M. Gisbert-Cervera. (2021). "Design and Validation of an Assessment Tool for Educational Mobile Applications Used with Autistic Learners," *Journal of New Approaches in Educational Research*, 10(1), 101-121. <https://doi.org/10.7821/naer.2021.1.574>
- [52] C.P. Gallardo-Montes, A. Rodríguez, M. J. Caurcel, and D. Capperucci. (2022, June). "Functionality of apps for people with autism: comparison between educators from Florence and Granada," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12), 7019. <https://doi.org/10.3390/ijerph19127019>
- [53] A. Lledó, A. Lorenzo-Lledó, E. Pérez, G. Lorenzo-Lledó, A. Gilabert-Cerdá. "Medidas inclusivas a través de las T.I.C. en las aulas específicas de los centros: Barreras y fortalezas," in E. Colomo, E. Sánchez, J. Ruiz, J. Sánchez. 2020. *La Tecnología Como Eje del Cambio Metodológico*, pp. 1416–1420.
- [54] O.A. Sabayleh, and A.K. Alramamneh, (2020, April) "Obstacles of implementing educational techniques in special education centres from autism teachers' perspective," *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 15(2), 171-183. <https://doi.org/10.18844/cjes.v15i2.4485>
- [55] T. Molero-Aranda, J. L. Lázaro-Cantabrana, M. Vallverdú-González, and M. Gisbert Cervera. (2021). "Tecnologías Digitales para la atención de personas con Discapacidad Intelectual," *RIED-Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, 24(1), 265–283. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27509>
- [56] J. R. Root, A. Saunders, S. K. Cox, D. Gilley, and A. Clausen. (2022, August). "Teaching Word Problem Solving to Students with Autism and Intellectual Disability," *Teaching Exceptional Children*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/00400599221116821>
- [57] D. P. Gilley, J. R. Root, and S. K. Cox. (2021, February). "Development of Mathematics and Self-Determination Skills for Young Adults with Extensive Support Needs," *The Journal of Special Education*, 54(4), 195–204. <https://doi.org/10.1177/0022466920902768>
- [58] Autores, 2023, in press.
- [59] D. Wechsler, "Escala de Inteligencia de Wechsler para Niños WISC- V". Madrid: Pearson, 2015.
- [60] G. H.Roid, G.H., Miller, L.J, Pomplun, M., y Koch, Ch. (2013). *Leiter-3 escala manipulativa internacional de Leiter. Revisada y ampliada educación español*. PSYMTEC.
- [61] Autores, 2022.