



## Artículo Original / Original Article

### **Diseñando una Aplicación Móvil de Realidad Aumentada para la Evaluación del Proceso Enseñanza-Aprendizaje en Niños con Trastorno del Espectro Autista**

### **Designing an Augmented Reality Mobile Application for the Assessment of the Teaching-Learning Process in Children with Autism Spectrum Disorder**

Dimas H. Concepción Patiño<sup>1,2</sup>, Lilia Muñoz<sup>2</sup>, Vladimir Villarreal<sup>2</sup>, Ivonne Nuñez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Master's Degree in Science and Mobile Computing, Central Campus, Technological University of Panama, Panamá

<sup>2</sup> Emerging Computational Technologies Research Group (GITCE), Chiriquí, Panama

Email de correspondencia: *lilia.munoz@utp.ac.pa*

**Cronograma editorial:** *Artículo recibido 12/03/2024 Aceptado: 18/04/2024 Publicado: 01/07/2024*

#### **Para citar este artículo utilice la siguiente referencia:**

Concepcion Patiño, D. H., Muñoz, L., Villarreal, V., & Núñez, I. (2024). Diseñando una Aplicación Móvil de Realidad Aumentada para la Evaluación del Proceso Enseñanza-Aprendizaje en Niños con Trastorno del Espectro Autista. *EDUCA International Journal*, 4 (2) 190-216, <https://doi.org/10.55040/educa.v4i2.97>

**Contribución específica de los autores:** Los autores han participado conjuntamente en todas las fases de la investigación.

**Financiación:** No existió financiación para este proyecto.

**Consentimiento informado participantes del estudio:** Se obtuvo consentimiento informado de los participantes.

**Conflicto de interés:** Los autores no señalan ningún conflicto de interés.



## Resumen

La falta de recursos, formación docente adecuada y estrategias pedagógicas específicas son obstáculos significativos para la educación de niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA). En este sentido, este artículo presenta el proyecto "*Autism AR Discovery*" que surge en respuesta a la necesidad de abordar las dificultades educativas que enfrenta esta población en Panamá. El objetivo principal del proyecto es evaluar la aceptación de los niños en entornos educativos interactivos, basada en una aplicación móvil de Realidad Aumentada (RA), diseñada para enseñar ciencias naturales a niños con TEA en los primeros tres grados de afectación según la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-11). Se emplea una metodología cuasi experimental, con un diseño pre-test y post-test, donde se evalúa el impacto de la aplicación móvil de RA en el proceso enseñanza-aprendizaje de los niños con TEA. En cuanto a la recolección de datos, se emplean entrevistas, observación participante y sesiones de grupo experimental. Se diseñó la aplicación utilizando Unity como plataforma de desarrollo y Vuforia para la creación de aplicaciones de RA y considerando criterios de usabilidad y accesibilidad para garantizar una experiencia satisfactoria para los usuarios. La aplicación móvil de RA para enseñar ciencias naturales a niños con TEA abarcó diversas áreas del aprendizaje y desarrollo, dirigidas a mejorar habilidades cognitivas, lingüísticas, sociales y motoras en niños con TEA. Los resultados preliminares muestran una recepción favorable de la aplicación, destacando su innovación, facilidad de uso y cumplimiento de expectativas.

**Palabras Clave:** Aplicación móvil, autismo, enseñanza-aprendizaje, evaluación, realidad aumentada.

## Abstract

The lack of resources, adequate teacher training and specific pedagogical strategies are significant obstacles to the education of children with Autism Spectrum Disorder (ASD). In this sense, this article presents the "*Autism AR Discovery*" project that arises in response to the need to address the educational difficulties faced by this population in Panama. The main objective of the project is to evaluate the acceptance of children in interactive educational environments, based on an Augmented Reality (AR) mobile application, designed to teach natural sciences to children with ASD in the first three degrees of affectation according to the International Classification of Diseases (ICD-11). A quasi-experimental methodology is used, with a pre-test and post-test design, where the impact of the AR mobile application on the teaching-learning process of children with ASD is evaluated. Regarding data collection, interviews, participant observation and experimental group sessions are used. The application was designed using Unity as the development platform and Vuforia for the creation of AR applications and considering usability and accessibility criteria to ensure a satisfactory experience for users. The mobile AR application for teaching natural sciences to children with ASD covered several areas of learning and development, aimed at improving cognitive, linguistic, social, and motor skills in children with ASD. Preliminary results show a favorable reception of the application, highlighting its innovation, ease of use and fulfillment of expectations.

**Keywords:** Mobile application, autism, teaching-learning, evaluation, augmented reality.



## Introducción

En la última década, el avance tecnológico ha marcado una notable transformación en la interacción humana, impulsada por el crecimiento en el uso de dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y tabletas (García et al., 2019; Real Torres, 2019). Este cambio ha redefinido la manera en que se accede al conocimiento y se aprende, específicamente en el ámbito educativo, permitiendo nuevas oportunidades en la enseñanza y el aprendizaje gracias a la portabilidad y versatilidad que estos dispositivos ofrecen (Arancibia Muñoz et al., 2019; Rodríguez et al., 2020). A pesar de estos avances, la integración efectiva de la tecnología en la educación primaria y secundaria en Panamá se ve obstaculizada por la falta de infraestructura tecnológica adecuada, acceso a internet, dispositivos móviles actualizados y la inversión insuficiente en recursos educativos digitales y capacitación docente (Ministerio de Educación, 2020, pp. 2019-2024).

Desde esta perspectiva, las herramientas educativas actuales para niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA), un trastorno del neurodesarrollo que se manifiesta tempranamente, afecta la comunicación, interacción social, flexibilidad del pensamiento y comportamiento de los individuos (Arberas & Ruggieri, 2019), enfrentan diversas limitaciones que pueden dificultar su efectividad. Estas limitaciones incluyen la falta de personalización, accesibilidad, dificultades para mantener la atención y en el feedback proporcionado (Marí et al., 2022). Por otro lado, en Panamá, el número de diagnósticos de TEA ha ido en aumento, solo entre el 2013 y 2016 el Ministerio de Salud (MINSA) han registrado un aproximado de 473 varones y 156 mujeres, la mayoría jóvenes entre 1 y 14 años. Por otro lado, el Instituto Panameño de Habilitación Especial (IPHE) para el 2017 contaba con 671 niños matriculados cifra que para el 2018 aumenta a 867, de la cual actualmente consta con una inscripción de 1541 autistas. Del mismo modo la Secretaría Nacional de Discapacidad (SENADIS) arroja cifras que para el 2022 son de 955 inscritos, encontrándose la mayoría de casos en la Capital con 519 casos activos (Aurelio, 2019; Rojas, 2022; Sánchez, 2022). Acentuando, la importancia de abordar de manera efectiva las necesidades educativas de esta población. Al implementar tecnologías como la Realidad Aumentada (RA) las cuales pueden ser una solución prometedora para disminuir las barreras de aprendizaje ya latentes en estos niños. Al permitir visualizar conceptos abstractos y complejos de manera más concreta y accesible, beneficiándose de la información visual y la



manipulación interactiva, así como de estímulos sensoriales controlados y adaptados a las necesidades individuales (Hashim et al., 2022; Charlton et al., 2020). Observable en proyectos internacionales como el de (Bauer et al., 2021) enfocado en diseñar una plataforma de Realidad Mixta que incorpora estímulos sensoriales para niños con TEA, mientras que (Mikropoulos et al., 2020), utilizan la RA para simular la sobrecarga sensorial experimentada por estos niños. Además, (Wan et al., 2022) proponen un nuevo marco de interacción humano-computadora/robot para mejorar el reconocimiento emocional en niños con TEA, basado en la teoría E-S (empatizar-sistematizar) de Simon Baron-Cohen. Así mismo el proyecto nacional de (Martínez et al., 2022), el cual utiliza un robot social, en sesiones de terapia para niños con TEA, resalta la importancia de los robots sociales como Hookie en mejorar la participación e interacción entre los niños, ofreciendo potencialmente un valioso apoyo terapéutico en entornos educativos.

Aunque por otra parte, si bien es importante la integración de estas herramientas como Hookie en mejorar la participación e interacción de los niños con TEA en entornos educativos, es crucial reconocer que la adquisición de estas puede ser costosa e inaccesible para muchas personas. Además, que la mayoría de ellas se centran principalmente en proporcionar respuestas emocionales y sociales, sin abordar adecuadamente la enseñanza de ciencias naturales u otras materias dentro del curricular escolar. Este enfoque limitado deja una brecha significativa en la educación de estos niños, lo que subraya la necesidad de desarrollar herramientas más inclusivas y accesibles que aborden una variedad de áreas de aprendizaje.

En respuesta a esto, surge el proyecto “*Autism AR Discovery*”, el cual propone la utilización de la metodología de aprendizaje basada en proyectos (ABP) utilizando una aplicación móvil de (RA) para enseñar ciencias naturales a niños con TEA en los primeros tres grados de afectación según la Clasificación Internacional de Enfermedades (*Publicación de la CIE-11 2022*, s. f.).

El objetivo principal de nuestro estudio es evaluar la aceptación de los niños en entornos educativos interactivos. Centrandonos en el uso de la tecnología móvil como una herramienta clave para mejorar la calidad educativa de estos. Analizando el nivel de aceptación de la app de RA como herramienta educativa por parte de los niños, identificando los factores que influyen en su percepción y actitud hacia su uso en el aprendizaje.



A su vez, la metodología propuesta ABP, caracterizada por su enfoque práctico y experiencial (Zambrano Briones et al., 2022), busca aprovechar las capacidades de la RA para crear entornos de aprendizaje estimulantes e interactivos, adaptados a las necesidades específicas de los niños con TEA permitiendo así, una interacción más dinámica con el contenido educativo, motivando el aprendizaje, fomentando el desarrollo de habilidades sociales y contribuyendo al proceso inclusivo en las escuelas. Se tomarán en consideración variables importantes como la edad y el nivel de severidad del trastorno, así como la satisfacción general del usuario, con el fin de obtener resultados claros y precisos que puedan guiar el desarrollo de estrategias educativas más efectivas y adaptadas a las necesidades individuales de los estudiantes con TEA.

## Metodología

Durante las diversas etapas de este proyecto se utilizarán metodologías y procesos específicos, adoptando un enfoque cuantitativo con una metodología cuasi experimental (Zúñiga et al., 2023) empleando un diseño pre-test y post-test, con grupos control y experimental, para evaluar el impacto de la aplicación móvil de RA en el proceso enseñanza-aprendizaje de niños con TEA, explicadas a continuación:

El proyecto se inicia con una fase teórica que explora las posibilidades educativas de las herramientas tecnológicas, en consonancia con teorías de aprendizaje como el constructivismo, donde se enfatiza el papel activo del estudiante en la construcción del conocimiento, y el construccionismo, que promueve la creación de conocimiento en grupo (Soto et al., 2024).

Para el diseño y desarrollo de la aplicación móvil de RA se abarcarán diversas etapas, desde la concepción de la idea hasta la implementación y posterior análisis (Espinoza, 2020). La figura 1 muestra la carga de trabajo empleada y se procede a explicar la misma:

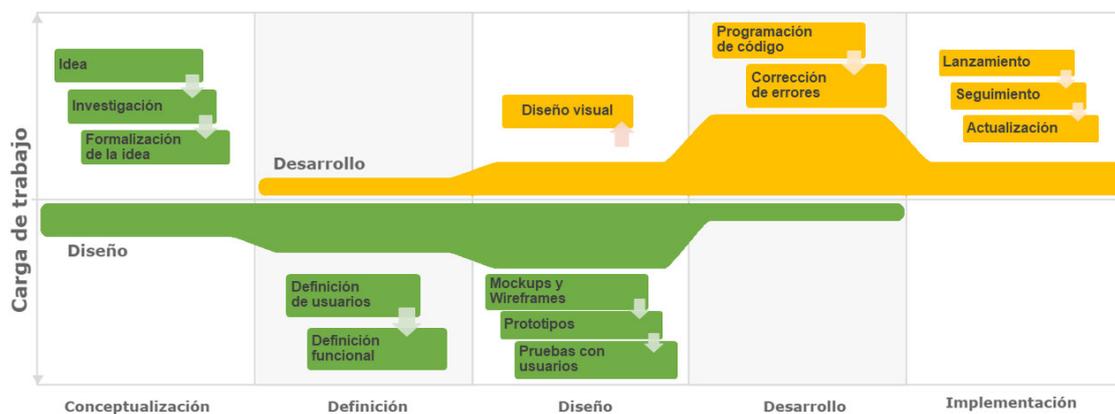
**Conceptualización:** Se genera una idea de la aplicación basada en la investigación inicial y la evaluación de la viabilidad del concepto, teniendo en cuenta las necesidades y problemas de los usuarios.

**Definición:** Se profundiza en la comprensión de quiénes son los usuarios objetivo y se establecen las características clave que resolverán sus problemas específicos. Esto determina el alcance del proyecto y la complejidad del diseño y la programación de la aplicación.

**Diseño:** Se traducen los conceptos y definiciones en mockups, representaciones más detalladas, a menudo con diseño visual, que permiten una mejor comprensión de cómo lucirá el producto final, y wireframes, esquemas básicos que muestran la disposición de los elementos y su interacción. para crear prototipos que sean probados con usuarios (Desai & Lang, 2022; S. Sutipitakwong & P. Jamsri, 2020).

**Desarrollo:** Se crea la estructura subyacente de la aplicación mediante la programación del código y la integración de elementos de diseño visual.

**Implementación:** Se realiza un seguimiento exhaustivo mediante análisis, estadísticas y comentarios de usuarios para evaluar el comportamiento y rendimiento de la aplicación.



**Figura 1.** Diagrama de la carga de trabajo empleada en el diseño y desarrollo de la aplicación.

#### a) Instrumentos

Para llevar a cabo la construcción de la aplicación, se emplearán diversas herramientas y tecnologías especializadas, explicadas a continuación:

- Unity: es una plataforma de desarrollo en tiempo real que permite crear experiencias interactivas en diversos campos, incluyendo arquitectura, ingeniería, además de videojuegos. Sus creaciones pueden exportarse a varias plataformas, como PC, consolas y dispositivos móviles, ampliando su aplicación en diferentes contextos. El Unity Hub facilita la gestión de proyectos y la instalación de versiones del Editor de Unity, que es la herramienta central para la creación de aplicaciones y juegos en 2D y 3D (Méndez-Porras et al., 2021; Ramírez Míguez & Hijón Neira, 2020).
- Vuforia: es una herramienta versátil para el desarrollo de aplicaciones de RA y Realidad Mixta (RM), con un sólido seguimiento y alto rendimiento en una amplia gama de hardware, incluidos dispositivos móviles y dispositivos de RM como



Microsoft HoloLens. Su integración con Unity simplifica la creación de aplicaciones y juegos de visión para Android y iOS con un flujo de trabajo intuitivo. (Gonzales-Zurita et al., 2023; León & Cueva, 2022).

- Blender: es una plataforma de creación 3D de acceso gratuito y código abierto, ideal para crear visualizaciones, animaciones y efectos visuales, con una integración unificada y un proceso de desarrollo reactivo, ideal para usuarios independientes y estudios pequeños. (Blain, 2019; Calderon et al., 2019).

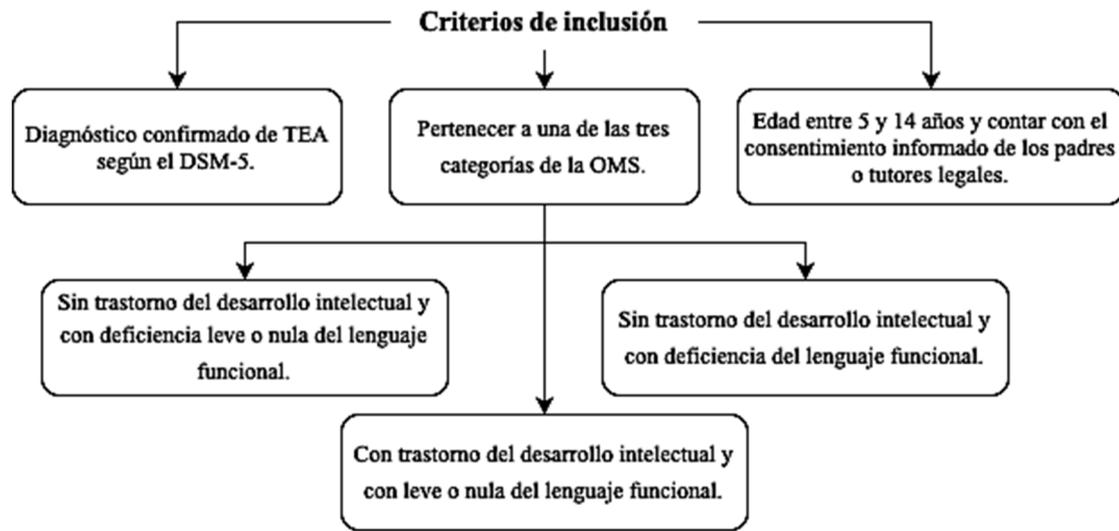
#### b) Participantes

Para la prueba, se seleccionarán 20 estudiantes con TEA, representantes de los tres primeros tipos de clasificación del trastorno según la Organización Mundial de la Salud, provenientes de diferentes cursos de educación primaria en tres escuelas ubicadas en Chiriquí, Panamá. Los participantes se dividirán en dos grupos: el grupo de control, que no tendrá acceso a recursos tecnológicos, y el grupo experimental, donde se aplicará la metodología ABP junto con recursos tecnológicos. La asignación de los estudiantes a cada grupo se realizará mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando la variabilidad de la población y el tamaño reducido de la muestra (Pereyra, 2022).

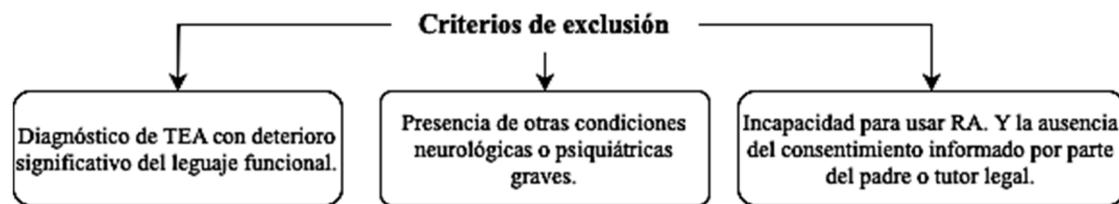
Durante la planificación y ejecución de las actividades, se trabajará estrechamente con los docentes y tutores, quienes observarán a los alumnos participantes. Se espera que los estudiantes utilicen el dispositivo tecnológico durante 30 a 45 minutos al día, con pausas de 10 minutos programadas para evitar la sobreestimulación y la dependencia excesiva del dispositivo.

#### c) Criterios de inclusión y exclusión

Se establecen criterios de inclusión y exclusión para garantizar la representatividad de los participantes y la validez de los resultados en el estudio sobre el uso de la RA en la educación de niños con TEA. Los criterios se basan en el diagnóstico de TEA, nivel de desarrollo intelectual y del lenguaje, edad y consentimiento informado. En Figura 2 se detallan estos criterios de inclusión Figura 2a y exclusión Figura 2b.



(a) Criterios de inclusión.



(b) Criterios de exclusión.

**Figura 2.** Criterios de (a) inclusión y (b) exclusión

#### d) Requerimientos

Utilizando el método MoSCoW (Kravchenko et al., 2022), los requisitos se clasificaron en una escala de prioridad, permitiendo categorizarlos de manera objetiva, lo que facilitó la definición de aspectos técnicos finales para el desarrollo de una interfaz funcional, accesible y técnicamente viable. Estos requisitos están centrados en el procesamiento de datos, operaciones del usuario, interacciones y comportamientos en respuesta a entradas específicas (ver Tabla 2).



<b>Requerimiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Prioridad</b>
<i>Funcionales</i>		
<i>Registro de Usuarios</i>	Permitir el acceso y la personalización de la experiencia del usuario. Recopilar información básica para crear una cuenta (nombre, edad, correo electrónico).	Alta
<i>Inicio de Sesión</i>	Garantizar la seguridad de la cuenta del usuario. Inicio de sesión con nombre de usuario y contraseña.	
<i>Interfaz Intuitiva</i>	Facilitar la navegación y uso de la aplicación. Interfaz simple con iconos claros y opciones de navegación intuitivas.	
<i>Actividades Educativas</i>	Proporcionar oportunidades de aprendizaje adaptadas. Ofrecer actividades educativas diseñadas para diferentes áreas de desarrollo.	
<i>Feedback y Refuerzo Positivo</i>	Motivar y fomentar la participación de los niños. Proporcionar retroalimentación inmediata y recompensas positivas después de completar actividades.	
<i>Compatibilidad con Dispositivos Móviles</i>	Garantizar la accesibilidad en diferentes dispositivos móviles. Desarrollar la aplicación para funcionar en tabletas, teléfonos inteligentes y dispositivos Oculus.	
<i>Actualizaciones y Mantenimiento</i>	Mejorar continuamente la aplicación y corregir errores. Proporcionar actualizaciones periódicas para agregar características y mejorar el rendimiento.	
<i>Seguridad</i>	Proteger la privacidad y seguridad de los datos del usuario. Implementar medidas como encriptación de datos y protección contra ataques cibernéticos.	
<i>Personalización</i>	Adaptar la experiencia de aprendizaje según las necesidades del usuario. Permitir personalizar la dificultad, el ritmo y los temas de las actividades educativas.	Media

<i>No funcional</i>		
<i>Rendimiento</i>	Garantizar un funcionamiento rápido y eficiente. Optimizar la aplicación para minimizar los tiempos de carga y mejorar la respuesta.	Alta
<i>Disponibilidad</i>	Asegurar la disponibilidad continua de la aplicación. Minimizar el tiempo de inactividad para mantenimiento y actualizaciones programadas.	
<i>Usabilidad</i>	Facilitar el uso para niños con TEA. Diseñar la interfaz de usuario con instrucciones claras y navegación intuitiva.	
<i>Compatibilidad</i>	Asegurar el funcionamiento en diferentes sistemas y dispositivos. Desarrollar la aplicación para funcionar en diversas plataformas y dispositivos.	
<i>Escalabilidad</i>	Mantener un rendimiento óptimo ante el aumento de usuarios. Diseñar la aplicación para crecer y adaptarse al aumento de la demanda.	Media
<i>Documentación</i>	Proporcionar información completa y comprensible. Crear manuales y guías para facilitar la instalación y el uso de la aplicación.	

**Tabla 1.** Requerimientos para el Sistema

e) Diseño de la solución propuesta

El proceso de diseño de la aplicación se desarrolla con base a los requerimientos funcionales y no funcionales destacando la adopción de la metodología centrada en el usuario, que prioriza las necesidades y preferencias del usuario final como centro de atención, teniendo en cuenta sus emociones, motivaciones y necesidades (Meusburger Alzate, 2019) para garantizar una experiencia satisfactoria, por lo tanto, se realiza una representación visual donde se modela al usuario a partir de ciertas características tal como se observa en la Figura 3. Los

datos presentes en esta figura son datos meramente ilustrativos y no proceden de información sensitiva de ningún estudiante.

### Alternativas de diseño

Para el diseño de interfaz de la aplicación, se enfocó en paletas de colores contrastantes y cómodas con tonos suaves y atractivos con el objetivo de crear una experiencia visual agradable y amigable para los usuarios, y en tipografías claras como ‘BM Yeon Sung’ para facilitar la lectura. Las dimensiones de la pantalla se adaptan responsivamente a distintos dispositivos. Los botones e iconografías se seleccionaron cuidadosamente para ser intuitivos y accesibles a todos los usuarios, evitando elementos confusos o no familiares con la tecnología (Vázquez-Ceballos, 2018) (ver Figura 4).

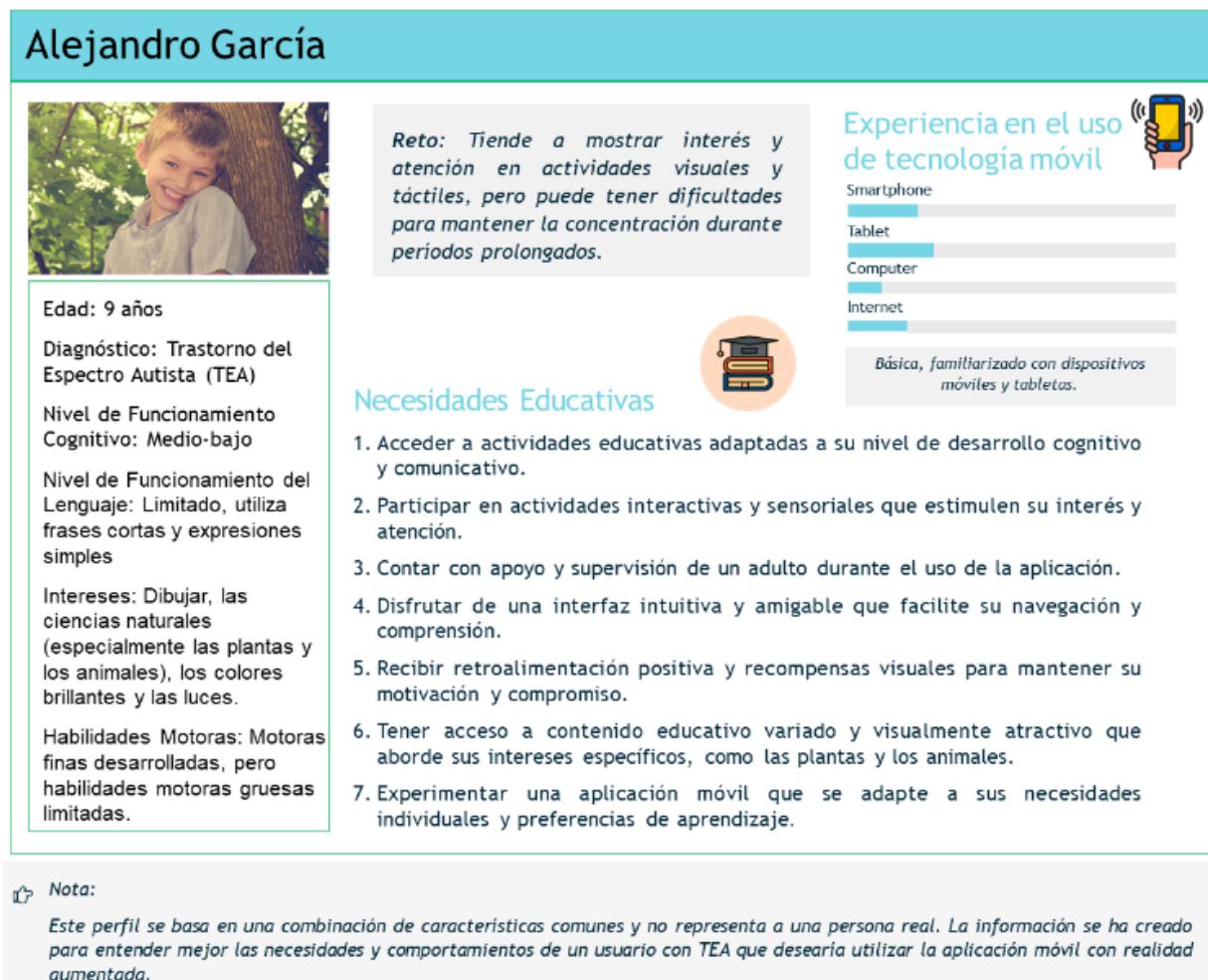


Figura 3. Ejemplo de perfil de usuario, con datos ficticios



Figura 4. Alternativas de diseño a la interfaz

### Mockups y Wireframes

Estos elementos proporcionan una representación visual de la interfaz de usuario de la aplicación, (ver Figura 5). Además, sirven como punto de partida para facilitar la identificación y corrección de posibles problemas de usabilidad, mejora de la estética visual y ajuste de la disposición de los elementos para optimizar la experiencia del usuario.

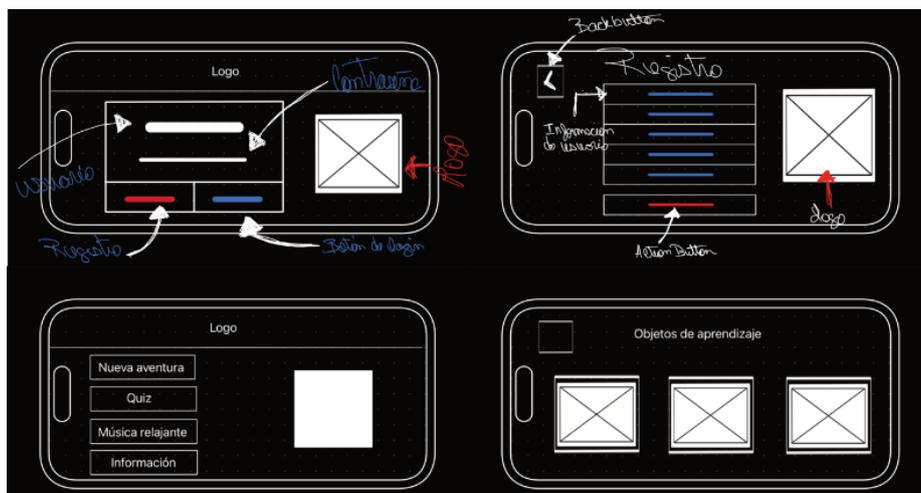
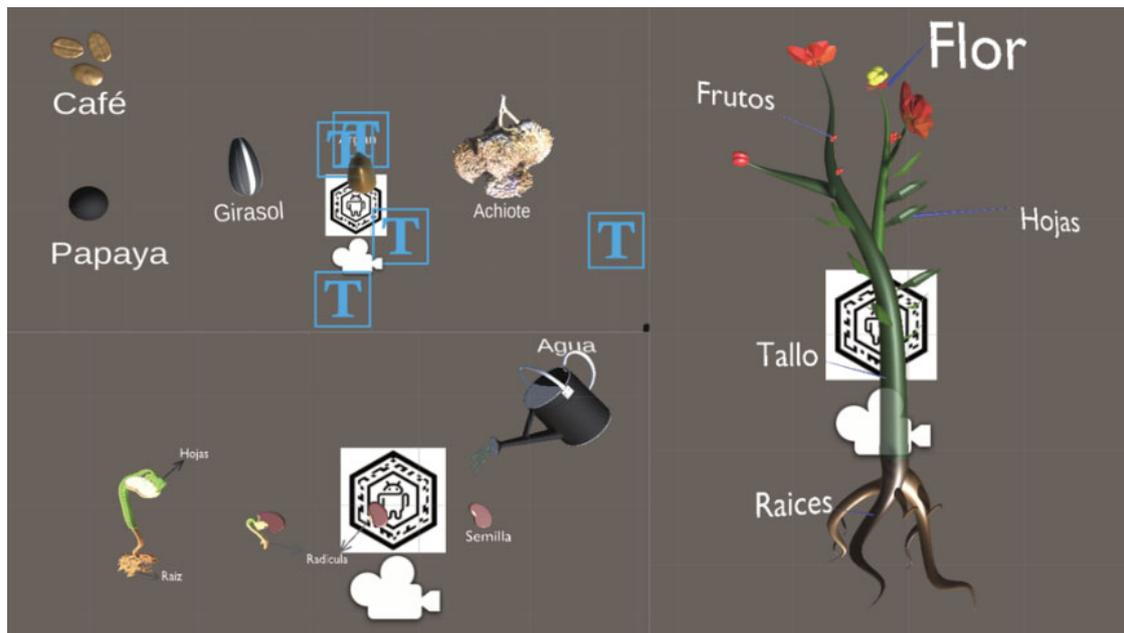


Figura 5. Mockups de la aplicación

### Modelado 3D

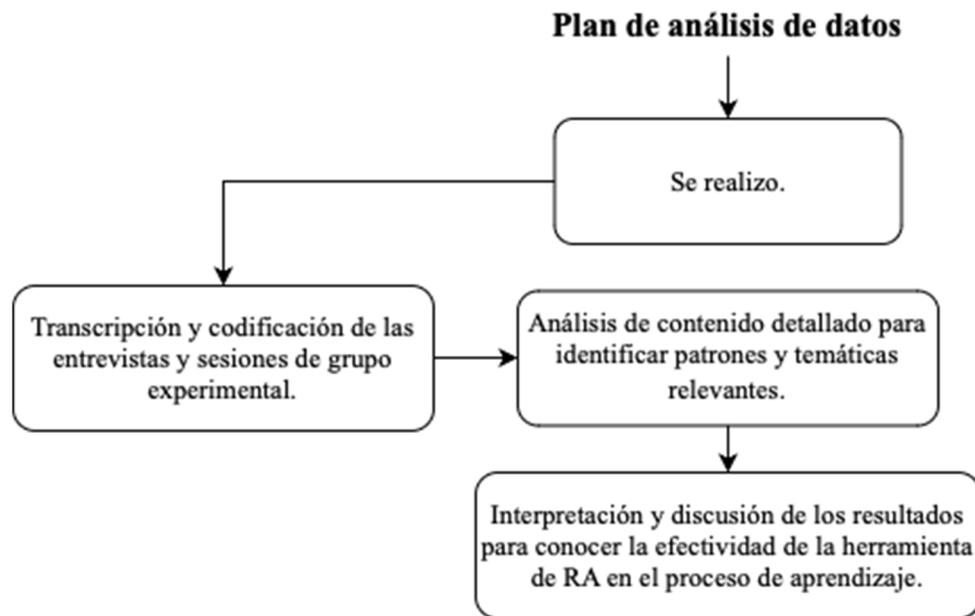
Es el proceso de crear representaciones digitales tridimensionales de objetos o escenas tridimensional con texturas, iluminación y otros atributos para generar un modelo que pueda ser visualizado desde diferentes ángulos y perspectivas. En la Figura 6 podemos observar los modelos 3D creados en 'Blender' y utilizados en la aplicación del proceso de germinación, semilla y estructura de las plantas.



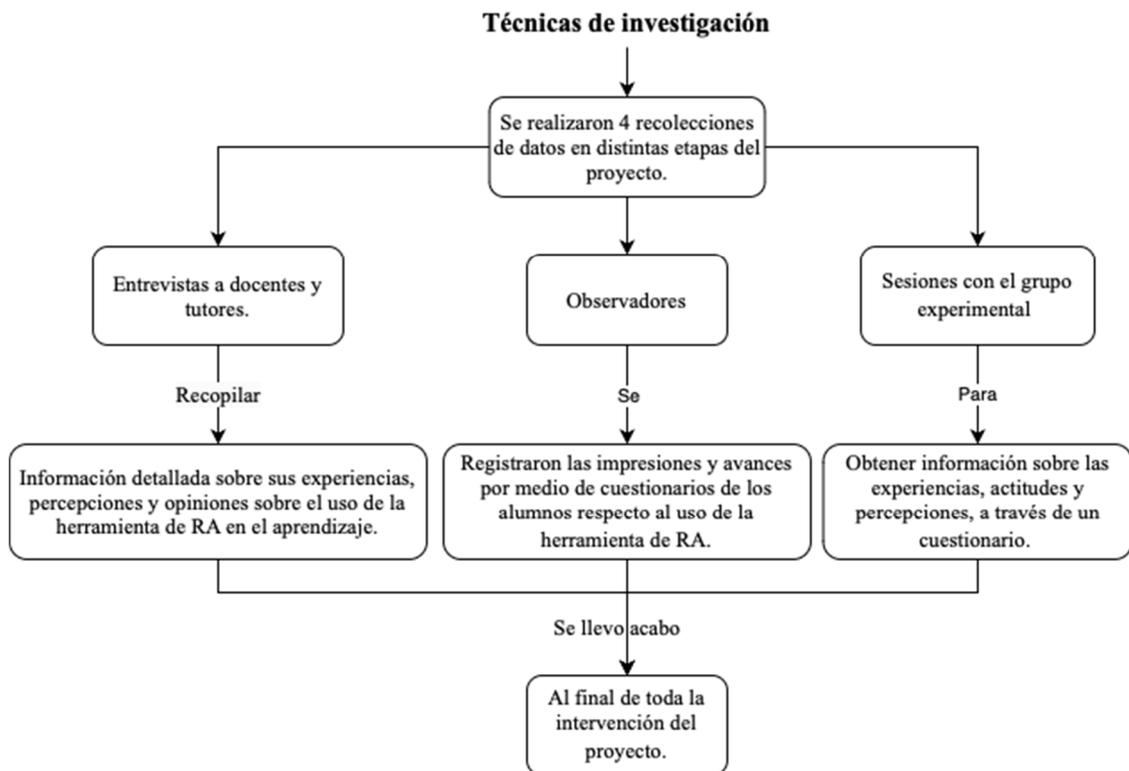
**Figura 6.** Modelos 3D utilizados en la aplicación

#### f) Técnicas de recolección de datos y análisis de la información

Para recopilar y evaluar información de los estudiantes, tutores y profesores, se emplearán mecanismos e instrumentos denominados técnicas de recolección de datos. Estas técnicas se clasificarán en dos categorías principales: técnicas de investigación (Figura 7b) y plan de análisis de datos (Figura 7a), tal como se detalla en la Figura 7.



(a) Plan de análisis de datos.

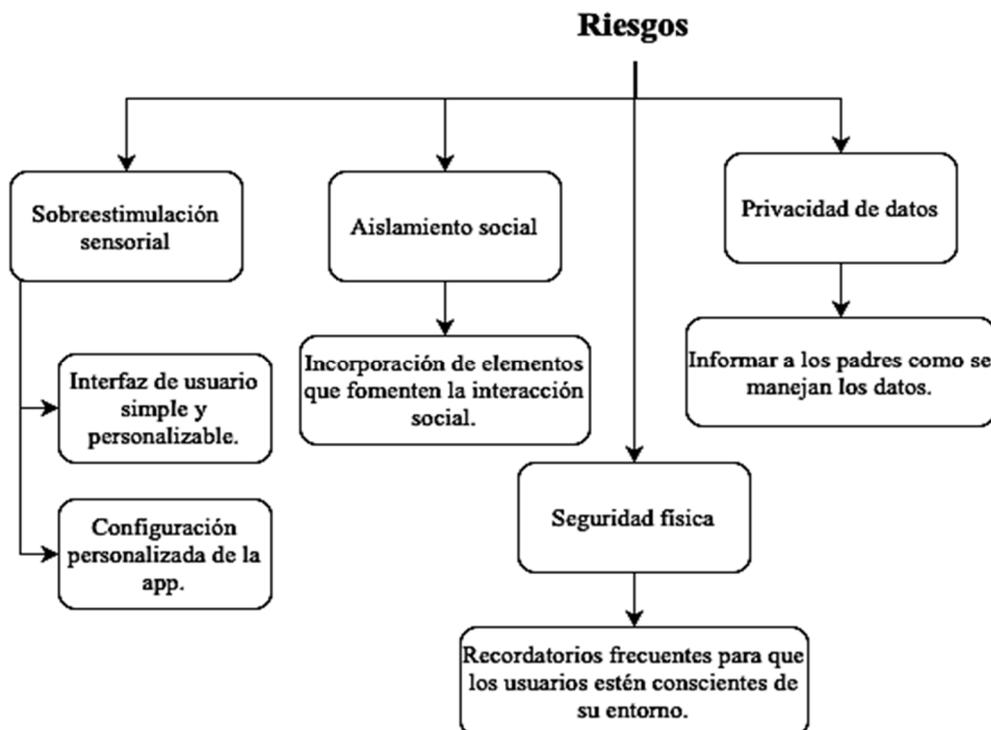


(b) Técnicas de investigación.

Figura 7. Técnicas de (b) investigación y (a) plan análisis de datos

g) Análisis de riesgos

Aunque la RA tiene un gran potencial para mejorar la educación y la calidad de vida de estos niños (Berdún, 2023; Gándara, 2022), también presenta ciertos riesgos que deben ser considerados y mitigados. En la Figura 6, se presenta un análisis detallado de estos riesgos y las medidas propuestas para minimizarlos.



**Figura 8.** Análisis de riesgo y medidas propuestas

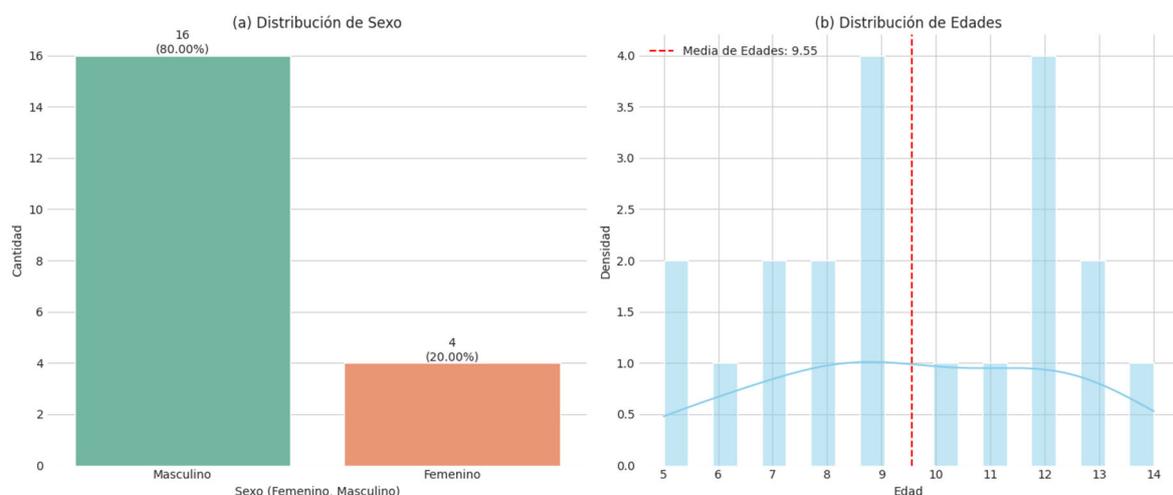
h) Metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP)

Se adopta una metodología educativa basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), centrada en el estudiante y que promueve la exploración activa y la resolución de problemas prácticos a través de actividades significativas. Esta metodología colabora en el proceso de enseñanza-aprendizaje de niños con TEA al involucrarlos en la exploración activa y la resolución de problemas prácticos (Causil Vargas & Rodríguez de la Barrera, 2021; Zambrano Briones et al., 2022b). A continuación, se presenta cómo esta metodología colabora en el proceso de enseñanza-aprendizaje de estos estudiantes:

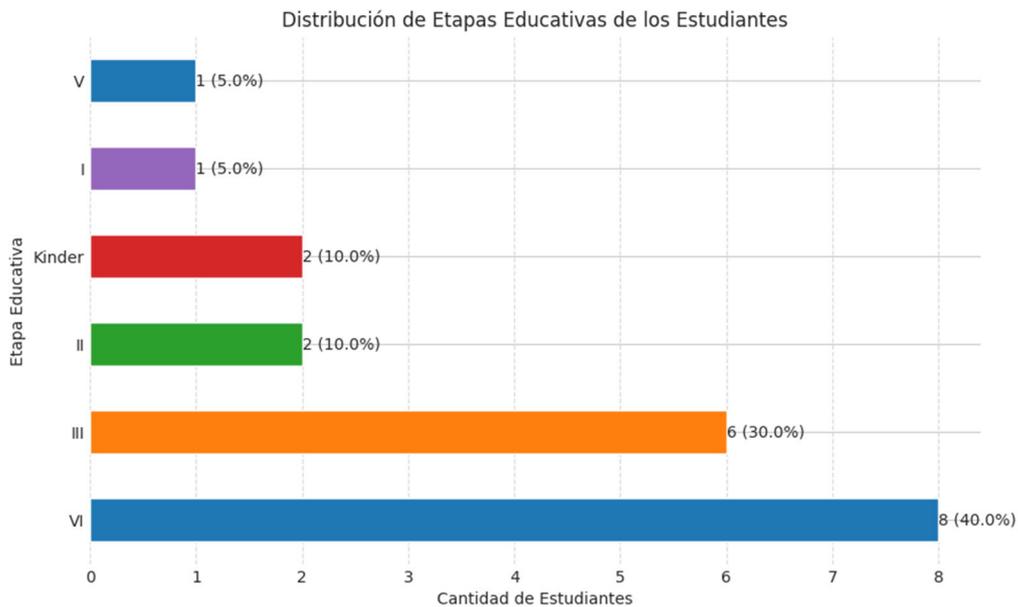
- Contextualización del aprendizaje: Permite a los estudiantes abordar problemas reales a través de aplicaciones prácticas en realidad aumentada, como el estudio de la germinación de las plantas.
- Interdisciplinariedad: Fomenta la integración de diferentes áreas de conocimiento en proyectos unificados, como la comprensión holística de la germinación de las plantas que abarca conceptos de ciencias naturales.
- Colaboración y trabajo en equipo: Promueve la colaboración entre estudiantes para planificar, diseñar y ejecutar proyectos, donde la realidad aumentada facilita el trabajo en equipo al permitir el desarrollo conjunto de contenido y la resolución de desafíos técnicos.
- Autonomía y autodirección: Empodera a los estudiantes para dirigir su propio aprendizaje y explorar aspectos de la germinación de las plantas según sus intereses y curiosidades, lo que motiva un aprendizaje más personalizado y autónomo.

## Resultados

El estudio seleccionó participantes específicos con aspectos sociodemográficos que garantizaran la obtención de datos representativos y esenciales para el análisis estadístico y la aplicabilidad de los resultados, reflejando las necesidades y respuestas del grupo estudiado. Según los datos obtenidos y presentados en la Figura 9, se observa que el 80% de los Sujetos de prueba (S.P.) son niños, mientras que el 20% son niñas. Además, se destaca que la mayoría de los participantes se encuentran en el rango de edades de 5 a 14 años, con una media de edad de los 10 años, concentrándose significativamente en el sexto año escolar con un 40% (Figura 10). Todo esto con respecto al conjunto de S.P. de toda la investigación.



**Figura 9.** Distribuciones de los sujetos de prueba del grupo control y experimental. (a) Distribución por sexo. (b) Distribución por edades.



**Figura 10.** Distribución de las etapas educativas

Una vez establecidos las características, los requerimientos, los elementos de diseño y el análisis de riesgos, se procede a desarrollar la aplicación mediante el motor de desarrollo Unity, y Vuforia como gestor de elementos de RA para proporcionar una experiencia de aprendizaje inmersiva. La aplicación fue desarrollada principalmente para dispositivos móviles, como tabletas, smartphones y Oculus, priorizando la utilización de sistemas operativos Android para asegurar una accesibilidad generalizada (ver Figura 11).



**Figura 11.** Estudiantes y docentes utilizando la aplicación con los dispositivos móviles

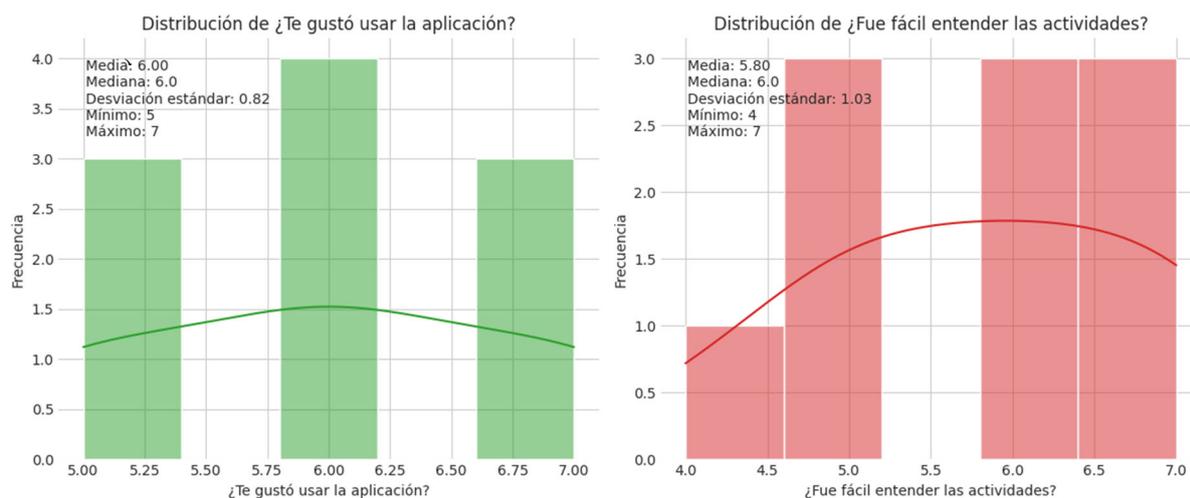
Del mismo modo, se desarrollaron actividades y recursos educativos centrados en temas específicos de ciencias naturales, como partes de plantas, semillas y germinación. Los niños inician la sesión en un juego, seleccionando el área de estudio y escaneando un cubo diseñado para la aplicación (ver Figura 12). La lección se abre automáticamente, ofreciendo la oportunidad de escuchar fragmentos de texto cruciales para comprender y aprender. Este cubo permite interacciones físicas en tiempo real y actúa como punto de referencia para superponer contenido digital sobre el entorno real mediante RA. Esta integración proporciona una experiencia educativa inmersiva y multisensorial, facilitando la comprensión de conceptos a través de la interacción táctil y visual. La elección del cubo como recurso pedagógico se basa en su capacidad para facilitar la manipulación de objetos, estimulando el desarrollo físico al permitir que los estudiantes lo giren y manipulen.



**Figura 12.** Aplicación móvil desarrollada acompañada con los targets y el cubo para facilitar visualización

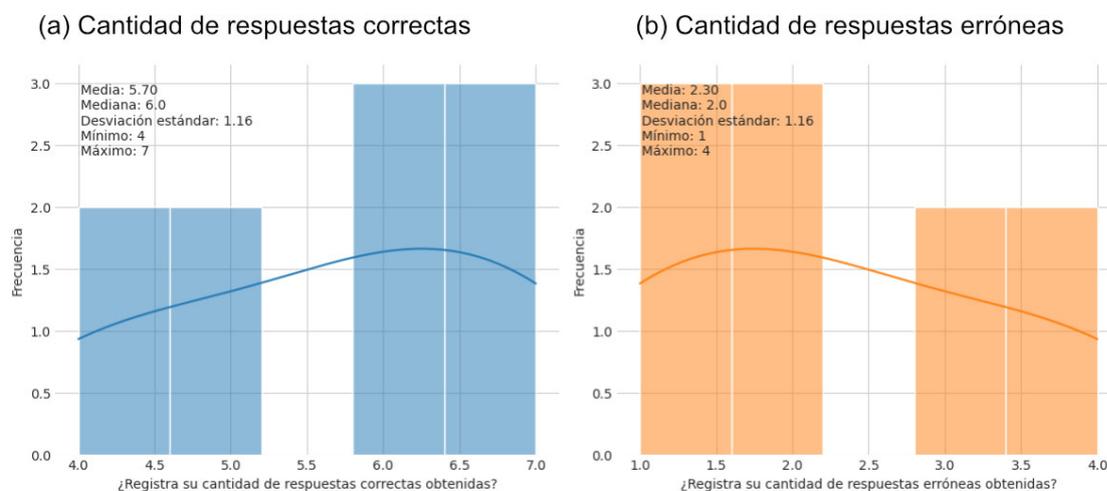
Siguiendo este orden de ideas y como resultado en las estadísticas proporcionadas para las respuestas a las preguntas “¿Te gustó usar la aplicación?” y “¿Fue fácil entender las actividades?”, podemos hacer varias observaciones y análisis relevantes para el objetivo de nuestra investigación de evaluar la aceptación de los niños hacia entornos educativos interactivos, específicamente el uso de tecnología móvil como una herramienta educativa. En primer lugar, es notable que la media de las respuestas para “¿Te gustó usar la aplicación?” sea de 6, lo cual sugiere una percepción positiva generalizada entre los niños hacia la aplicación. Este hallazgo se ve respaldado por la mediana de 6, indicando que la mayoría de las respuestas

se concentran alrededor de este valor, y la desviación estándar relativamente baja de 0.82, lo que sugiere una consistencia en las respuestas. Además, el rango de respuestas entre 5 y 7 sugiere que la mayoría de los niños calificaron su experiencia como “aceptable” o “buena”. Por otro lado, en cuanto a la facilidad de comprensión de las actividades, la media de 5.80 y la mediana de 6 reflejan una percepción positiva generalizada, aunque la desviación estándar de 1.03 indica una variabilidad mayor en las respuestas. Aunque la mayoría de los niños encontraron las actividades relativamente fáciles de entender, hubo algunos que podrían haber experimentado más dificultades. Estos hallazgos subrayan la importancia de continuar evaluando y mejorando la calidad del contenido y la experiencia de usuario de la aplicación, así como de identificar los factores que puedan influir en la percepción y actitud de los niños hacia su uso en el aprendizaje. Esto lo podremos observar en la Figura 13.



**Figura 13.** Distribución de respuestas (a) ¿Te gustó la aplicación?. (b) ¿Fue fácil entender las actividades?

Por otro lado, al finalizar el uso de la aplicación por el grupo experimental, se llevó a cabo un quiz para medir el conocimiento adquirido. Los resultados revelaron que, en promedio, los estudiantes obtuvieron 5.70 respuestas correctas de un total de 8 preguntas, con una mediana de 6 y una desviación estándar de 1.16. El mínimo de respuestas correctas fue de 4 y el máximo fue de 7. Por otro lado, en cuanto a respuestas negativas, la media fue de 2.30, con una mediana de 2, una desviación estándar de 1.16, un mínimo de 1 y un máximo de 4 (Figura 14).



**Figura 14.** Distribución de respuestas (a) Correctas. (b) Erróneas

Estos hallazgos sugieren una respuesta positiva general hacia la aplicación de RA como herramienta educativa, respaldada por el nivel de conocimiento adquirido durante su uso. Sin embargo, también se observa una cierta cantidad de respuestas negativas, lo que indica la necesidad de examinar más a fondo los factores que podrían influir en la percepción de los niños hacia este tipo de tecnología en el contexto educativo.

## Discusión

La evaluación de la aceptación de los niños hacia entornos educativos interactivos, específicamente el uso de tecnología móvil como una herramienta educativa, constituye el objetivo principal de este estudio. Los resultados obtenidos revelan una percepción mayoritariamente positiva hacia la aplicación de realidad aumentada (RA), respaldada tanto por la valoración general de la experiencia como por el nivel de conocimiento adquirido durante su uso.

En primer lugar, es importante destacar que el 80% de los sujetos de prueba son niños, lo que asegura una representación adecuada de la población objetivo. Además, la distribución por edades muestra que la mayoría de los participantes se encuentran en el rango de 5 a 14 años, lo cual coincide con el público al que está dirigida la aplicación. Esta demografía proporciona un marco sólido para el análisis de los resultados y su aplicabilidad en contextos educativos.

El desarrollo de la aplicación se llevó a cabo utilizando Unity y Vuforia como gestor de elementos de RA, priorizando dispositivos móviles con sistema operativo Android para



garantizar una accesibilidad generalizada. Esta elección técnica facilita la integración de la tecnología en entornos educativos diversos, asegurando que la aplicación pueda ser utilizada por la mayoría de los estudiantes.

Las actividades educativas diseñadas se centran en temas específicos de ciencias naturales, lo que permite a los niños interactuar con el contenido de manera inmersiva y multisensorial. La utilización de un cubo como recurso pedagógico facilita la manipulación de objetos y estimula el desarrollo físico de los estudiantes, lo que contribuye a una experiencia de aprendizaje enriquecedora.

Los resultados de las encuestas muestran una percepción positiva generalizada entre los niños hacia la aplicación de RA. La mayoría de los participantes calificaron su experiencia como "aceptable" o "buena", destacando tanto el agrado por el uso de la aplicación como la facilidad de comprensión de las actividades propuestas.

Sin embargo, es importante señalar que hubo cierta variabilidad en las respuestas, especialmente en lo que respecta a la facilidad de comprensión de las actividades. Aunque la mayoría de los niños encontraron las actividades relativamente fáciles de entender, algunos podrían haber experimentado dificultades. Esto resalta la necesidad de continuar evaluando y mejorando la calidad del contenido y la experiencia de usuario de la aplicación, así como de identificar los factores que puedan influir en la percepción y actitud de los niños hacia su uso en el aprendizaje.

En este sentido, nuestra investigación se alinea con estudios previos que resaltan la importancia de adaptar las herramientas tecnológicas a las necesidades específicas de los niños con TEA. Por ejemplo, (Bauer et al. 2021) subrayan la integración de expertos clínicos en el desarrollo de aplicaciones destinadas a mejorar la comunicación y la interacción social en entornos clínicos y educativos. Esta perspectiva, similar al nuestro, busca proporcionar soluciones personalizadas que han demostrado resultados positivos, destacando la relevancia de la RA para fomentar la colaboración y el desarrollo en niños con TEA.

Asimismo, (Mikropoulos et al. 2020) exploran la utilización de estímulos digitales para comprender mejor la percepción y el procesamiento sensorial en individuos con TEA. Sus hallazgos indican una clara aceptación y un interés significativo por parte de los participantes



al interactuar con objetos digitales, lo que respalda aún más la efectividad y pertinencia de la RA en entornos educativos para niños con TEA.

Siguiendo este contexto, se complementa de esta manera los hallazgos de nuestra investigación, pero sin lugar a duda también resaltando por varias razones, como el que nos enfocamos específicamente en mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje para niños con TEA, aprovechando la tecnología de RA, constituye una estrategia novedosa y altamente pertinente en el ámbito educativo, fuera de lo que se hace normalmente como lo es actuar más al nivel clínico - emocional y personal.

Del mismo modo, en contraste con las otras aplicaciones mencionadas, la investigación destaca por su comprensión integral en las ciencias naturales, lo cual representa una contribución importante para este campo. Además, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva del impacto de la aplicación en el proceso enseñanza-aprendizaje, utilizando una metodología cuasiexperimental con grupos experimentales y de control. Proporcionando datos sólidos que respaldan la eficacia y relevancia de la aplicación. A pesar de las posibles limitaciones, como los desafíos relacionados con la accesibilidad tecnológica y la capacitación docente, la investigación ofrece soluciones innovadoras y prácticas para mejorar la educación de los niños con TEA, lo cual es fundamental para promover la inclusión y la igualdad de oportunidades en el ámbito educativo.

## Conclusiones

La aplicación móvil de RA para enseñar ciencias naturales a niños con TEA ha demostrado ser una herramienta efectiva y prometedora para mejorar habilidades cognitivas, lingüísticas, sociales y motoras en esta población. La integración de la RA en el contexto educativo ha mostrado un impacto significativo en el compromiso, la motivación y el aprendizaje de los estudiantes con TEA, respaldando su potencial como una valiosa herramienta educativa para abordar las necesidades específicas de esta población. Enfocándose en evaluar la aceptación de entornos educativos interactivos, específicamente el uso de tecnología móvil como herramienta educativa, entre niños con TEA. Los resultados revelaron una percepción mayoritariamente positiva hacia la aplicación de RA, respaldada tanto por la experiencia general como por el nivel de conocimiento adquirido durante su uso.



La muestra seleccionada garantizó la representatividad de la población objetivo, con el 80% de los participantes siendo niños, mayoritariamente concentrados en el rango de edades de 5 a 14 años, lo cual coincidió con el público al que se dirigió la aplicación. El desarrollo de la aplicación se llevó a cabo priorizando la accesibilidad generalizada, utilizando Unity y Vuforia como motores de desarrollo y gestores de RA respectivamente, y enfocándose en dispositivos móviles con sistema operativo Android.

Las actividades educativas diseñadas se centraron en temas específicos de ciencias naturales, permitiendo a los niños interactuar de manera inmersiva y multisensorial. El uso de un cubo como recurso pedagógico facilitó la manipulación de objetos y estimuló el desarrollo físico de los estudiantes, contribuyendo a una experiencia de aprendizaje enriquecedora.

Los resultados de las encuestas indicaron una percepción positiva generalizada, con la mayoría de los participantes calificando su experiencia como "aceptable" o "buena". Sin embargo, se observó cierta variabilidad en las respuestas, especialmente en la comprensión de las actividades, destacando la importancia de continuar evaluando y mejorando la calidad del contenido y la experiencia de usuario de la aplicación.

No obstante, es importante reconocer ciertas limitaciones en este trabajo que pueden ser consideradas como oportunidades para futuras investigaciones. Por ejemplo, la muestra utilizada en el estudio puede no ser completamente representativa de todas las características y necesidades de la población de niños con TEA. Además, la duración relativamente corta del estudio podría limitar nuestra comprensión del impacto a largo plazo de la intervención de RA en el aprendizaje y el desarrollo de habilidades de los estudiantes.

Para futuras investigaciones, se recomienda llevar a cabo estudios longitudinales con muestras más amplias y diversificadas, permitiendo una mejor comprensión de cómo la aplicación de RA puede beneficiar a una variedad más amplia de niños con TEA en diferentes contextos educativos. Además, explorar diferentes áreas de contenido y métodos de enseñanza puede ayudar a evaluar la generalización de los resultados y determinar la efectividad de la intervención en diversas disciplinas y entornos educativos, fortaleciendo así la base de evidencia sobre la eficacia y la aplicabilidad práctica de la RA como herramienta educativa para niños con TEA.



## Referencias bibliográficas

- Arancibia Muñoz, M. L., Cabero Almenara, J., Valdivia Zamorano, I., Arancibia Muñoz, M. L., Cabero Almenara, J., & Valdivia Zamorano, I. (2019). Estudio comparativo entre docentes y estudiantes sobre aceptación y uso de tecnologías con fines educativos en el contexto chileno. *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, 11(1), 104-119. <https://doi.org/10.32870/ap.v11n1.1440>
- Arberas, C., & Ruggieri, V. (2019). Autismo: Aspectos genéticos y biológicos. *Medicina (Buenos Aires)*, 79(1), 16-21.
- Aurelio, M. (2019, noviembre 19). Casos de autismo aumentan en Panamá, durante el presente año. *Panamá América*. <https://bit.ly/43LYPbX>
- Bauer, V., Bouchara, T., & Bourdot, P. (2021). Designing an Extended Reality Application to Expand Clinic-Based Sensory Strategies for Autistic Children Requiring Substantial Support: Participation of Practitioners. *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, 254-259. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct54149.2021.00059>
- Berdún, A. A. (2023). Resiliencia en padres de hijos con Trastorno del Espectro Autista (TEA): Una aproximación multifactorial. *EDUCA. Revista Internacional para la calidad educativa*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.55040/educa.v3i2.69>
- Blain, J. M. (2019). *The Complete Guide to Blender Graphics: Computer Modeling & Animation, Fifth Edition* (5.<sup>a</sup> ed.). A K Peters/CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429196522>
- Calderon, S. P., Suarez, Y. M., & Santiago, S. M. (2019). Entorno virtual de la tabla periódica como herramienta de apoyo en la educación de la química. *Revista Politécnica*, 15(30), Article 30. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a5>
- Causil Vargas, L. A., & Rodríguez de la Barrera, A. E. (2021). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): Experimentación en laboratorio, una metodología de enseñanza de las Ciencias Naturales. *Plumilla Educativa*, 27(1), 105-128.
- Charlton, C. T., Kellems, R. O., Black, B., Bussey, H. C., Ferguson, R., Goncalves, B., Jensen, M., & Vallejo, S. (2020). Effectiveness of avatar-delivered instruction on social



- initiations by children with Autism Spectrum Disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 71, 101494. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2019.101494>
- Desai, D., & Lang, A. (2022). From Mock-Up to Module: Development Practice between Planning and Prototype. *Law and Critique*, 33(3), 299-318. <https://doi.org/10.1007/s10978-022-09326-1>
- Espinoza, M. D. M. (2020). *Marco integrado de desarrollo de aplicaciones móviles: Un enfoque ágil*.
- Gándara, D. G. (2022). Actividades de evaluación auténtica para una evaluación psicopedagógica inclusiva. *EDUCA. Revista Internacional para la calidad educativa*, 2(1), Article 1.
- García, S., Luisa, M., Olmo, M. del, Cristina, Moscoso, P., & Carolina. (2019). El pensamiento de los docentes sobre el uso formativo del teléfono móvil. *Enseñanza & Teaching* : 37, 2, 2019, 85-111. <https://doi.org/10.14201/et201937285111>
- Gonzales-Zurita, O., Rosero, R., Llumiquinga, C., & Rosero, M. (2023). Diseño e implementación de una aplicación de realidad aumentada enfocada a mejorar la educación tecnológica. *I+D Tecnológico*, 19(1), Article 1. <https://doi.org/10.33412/idt.v19.1.3778>
- Hashim, H. U., Yunus, M. M., & Norman, H. (2022). ‘AReal-Vocab’: An Augmented Reality English Vocabulary Mobile Application to Cater to Mild Autism Children in Response towards Sustainable Education for Children with Disabilities. *Sustainability*, 14(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/su14084831>
- Kravchenko, T., Bogdanova, T., & Shevgunov, T. (2022). Ranking Requirements Using MoSCoW Methodology in Practice. En R. Silhavy (Ed.), *Cybernetics Perspectives in Systems* (pp. 188-199). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-09073-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-031-09073-8_18)
- León, K. M., & Cueva, M. S. de la. (2022). El futuro de la educación: Inicios del Metaverso. *Revista Científica Élite*, 4(1), Article 1. <https://revista.itsqmet.edu.ec:9093/index.php/elite/article/view/54>



- Marí, M. L., Esteve, M. I. V., & Gómez, S. L. (2022). Tendencias actuales sobre estrategias para la inclusión educativa de alumnado con Trastorno del Espectro Autista (TEA). *MLS Inclusion and Society Journal*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.56047/mlsisj.v2i1.1318>
- Martínez, N., López, V., Albo-Canals, J., Sans, O., & Toppin, L. (2022). Implementation of a Robotic Assistant to Develop and Monitor Learning Activities in Children with Autism. *2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC)*, 678-683. <https://doi.org/10.1109/IESTEC54539.2022.00112>
- Méndez-Porras, A. 1, Alfaro-Velasco, J. 2, & Rojas-Guzmán, R. 1 1 E. de C. (2021). *Videojuegos educativos para niñas y niños en educación preescolar utilizando robótica y realidad aumentada*. 482-495.
- Meusburgger Alzate, M. (2019). *Modelo De Proceso Centrado En El Usuario (Mpiu+a) Como Metodología Ágil Aplicado A Un Proyecto De Software*. <http://hdl.handle.net/10459.1/67982>
- Mikropoulos, T. A., Delimitros, M., Gaintatzis, P., Iatraki, G., Stergiouli, A., Tsiara, A., & Kalyvioti, K. (2020). Acceptance and User Experience of an Augmented Reality System for the Simulation of Sensory Overload in Children with Autism. *2020 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)*, 86-92. <https://doi.org/10.23919/iLRN47897.2020.9155113>
- Ministerio de Educación. (2020). *Plan estrategico de educación 2019-2024*. Ministerio de Educación. <https://bit.ly/3ZjspnZ>
- Pereyra, L. E. (2022). *Metodología de la investigación*. Klik. *Publicación de la CIE-11 2022*. (s. f.). Recuperado 10 de febrero de 2024, de <https://www.who.int/es/news/item/11-02-2022-icd-11-2022-release>
- Ramírez Míguez, Á., & Hijón Neira, R. (2020). Creación de un videojuego educativo sobre células para la enseñanza de la programación. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 32 (Julio-Diciembre), 15-24.
- Real Torres, C. (2019). Materiales Didácticos Digitales: Un recurso innovador en la docencia del siglo XXI. *3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 8(2), 12-27.



- Rodríguez, J. R. P., Morales, R. B., & Reyes, L. G. U. (2020). Guía metodológica para la utilización de dispositivos móviles en el proceso de enseñanza - aprendizaje. *Video*. <http://revistas.ucpejv.edu.cu/index.php/rVid/article/view/1002>
- Rojas, K. (2022, abril 30). Autismo: «un aprendizaje de ensayo y error». *La Estrella de Panamá*, 1.
- S. Sutipitakwong & P. Jamsri. (2020). Pros and Cons of Tangible and Digital Wireframes. *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/FIE44824.2020.9274234>
- Sánchez, J. (2022, abril 2). *Autismo: Cómo ayudar a quien lo padece – CSS Noticias* [Noticias Caja de Seguro Social]. <https://bit.ly/3TYng3L>
- Soto, G. M. D., Solano, H. D. L., & Garzón, K. J. M. (2024). Aprendizaje innovador: El encuentro entre construccionismo, conectivismo y tecnologías disruptivas: Innovative learning: The intersection of constructionism, connectivism, and disruptive technologies. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1635>
- Vázquez-Ceballos, D. E. (2018). *Patrones de diseño en HCI para la visualización de imágenes*. 6.
- Wan, G., Deng, F., Jiang, Z., Song, S., Hu, D., Chen, L., Wang, H., Li, M., Chen, G., Yan, T., Su, J., & Zhang, J. (2022). FECTS: A Facial Emotion Cognition and Training System for Chinese Children with Autism Spectrum Disorder. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, e9213526. <https://doi.org/10.1155/2022/9213526>
- Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A., Mendoza Bravo, K. L., Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A., & Mendoza Bravo, K. L. (2022a). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Conrado*, 18(84), 172-182.
- Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A., Mendoza Bravo, K. L., Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A., & Mendoza Bravo, K. L. (2022b). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Conrado*, 18(84), 172-182.