



## Simulación sensorial y Realidad Virtual para el Aprendizaje Significativo en Niños de 5to y 6to Grado

JOHN JAIRO JARAMILLO BUITRAGO<sup>A</sup>

**RESUMEN:** La realidad virtual (RV) ha surgido en la última década como una tecnología transformadora en la educación, ofreciendo entornos inmersivos y multisensoriales que amplían las oportunidades para un aprendizaje significativo. A pesar de su creciente adopción, sigue siendo necesaria la realización de estudios empíricos en el aula que evalúen su impacto pedagógico. Este estudio evaluó la eficacia de la simulación sensorial y la realidad virtual para la enseñanza de fenómenos astronómicos a estudiantes de quinto y sexto grado. Se empleó un diseño de métodos mixtos; se recopilieron datos cuantitativos y cualitativos mediante cuestionarios previos y posteriores a la experiencia, observación estructurada en el aula y comentarios cualitativos tanto de estudiantes como de profesores. Los resultados demuestran una mejora sustancial en la comprensión conceptual de las características planetarias, los efectos gravitacionales y los procesos astronómicos. Los estudiantes mostraron una mayor motivación, una mejor visualización de conceptos abstractos y tácitos, y una mayor participación a lo largo de la experiencia de aprendizaje. Estos hallazgos evidencian que las simulaciones sensoriales mediadas por realidad virtual pueden mejorar significativamente la comprensión y el interés en temas científicos complejos entre los estudiantes de primaria, lo que subraya su potencial como herramientas poderosas para la enseñanza de las ciencias.

**PALABRAS CLAVE:** Realidad Virtual (RV), simulación sensorial, fenómenos astronómicos, investigación con métodos mixtos, comprensión conceptual, aprendizaje inmersivo, tecnología educativa.

**RECIBIDO:** 09/04/2025 • **EVALUADO:** 12/04/2025

**APROBADO:** 17/11/2025 • **PUBLICADO:** 15/12/2025

### CÓMO CITAR

Jaramillo Buitrago, J. J. (2025). *La Simulación sensorial y Realidad Virtual para el Aprendizaje Significativo en Niños de 5to y 6to Grado.: Simulación sensorial y Realidad Virtual*. Revista Habitus: Semilleros De investigación, 5(8). <https://doi.org/10.19053/uptc.22158391.19239>



Autor para correspondencia.  
[john.jaramillobuitrago@bcsemail.org](mailto:john.jaramillobuitrago@bcsemail.org)

<sup>A</sup> Charles T. Koontz Intermediate School, Asheville, NC, USA .  
<https://orcid.org/0000-0002-5981-8574>

## HOW TO CITE

Jaramillo Buitrago, J. J. (2025). Sensory Simulation and Virtual Reality for Meaningful Learning in Fifth and Sixth Grade Children.: Sensory Simulation and Virtual Reality. Revista Habitus: Semilleros De investigación, 5(8). <https://doi.org/10.19053/uptc.22158391.19239>

### **Sensory Simulation and Virtual Reality for Meaningful Learning in Fifth and Sixth Grade Children**

**ABSTRACT:** Virtual Reality (VR) has emerged over the last decade as a transformative technology in education, offering immersive and multisensory environments that expand opportunities for meaningful learning. Despite its growing adoption, there remains a need for empirical classroom-based studies that assess its pedagogical impact. This study evaluated the effectiveness of sensory simulation and VR for teaching astronomical phenomena to students in grades 5 and 6. A mixed-methods design was employed; quantitative and qualitative data were collected through pre- and post-experience questionnaires, structured classroom observation, and qualitative feedback for both students and teachers. Results demonstrate substantial gain in conceptual understanding of planetary characteristics, gravitational effects, and astronomical processes. Students exhibited heightened motivation, improved visualization of abstract and tacit concepts, and increased engagement throughout the learning experience. These findings provide evidence that VR-mediated sensory simulations can significantly enhance comprehension and interest in complex scientific topics among elementary-level learners, underscoring their potential as powerful tools for science education.

**KEYWORDS:** virtual reality, sensory simulation, astronomy education, mixed-methods research, elementary students, conceptual understanding, immersive learning, educational technology.

### **Simulação sensorial e Realidade Virtual para a Aprendizagem Significativa em Crianças do 5º e 6º ano**

**RESUMO:** A realidade virtual (RV) surgiu na última década como uma tecnologia transformadora na educação, oferecendo ambientes imersivos e multissensoriais que ampliam as oportunidades para uma aprendizagem significativa. Apesar de sua crescente adoção, ainda é necessário realizar estudos empíricos em sala de aula que avaliem seu impacto pedagógico. Este estudo avaliou a eficácia da simulação sensorial e da realidade virtual no ensino de fenômenos astronômicos para alunos do quinto e sexto ano. Foi utilizado um desenho de métodos mistos; foram coletados dados quantitativos e qualitativos por meio de questionários pré e pós-experiência, observação estruturada em sala de aula e comentários qualitativos de alunos e professores. Os resultados demonstram uma melhoria substancial na compreensão conceitual das características planetárias, dos efeitos gravitacionais e dos processos astronômicos. Os alunos mostraram maior motivação, melhor visualização de conceitos abstratos e tácitos e maior participação ao longo da experiência de aprendizagem. Essas descobertas evidenciam que as simulações sensoriais mediadas por realidade virtual podem melhorar significativamente a compreensão e o interesse em temas científicos complexos entre os alunos do ensino fundamental, o que ressalta seu potencial como ferramentas poderosas para o ensino das ciências. Palavras-chave: professorado, inteligência emocional, escola, covid-19

**PALAVRAS-CHAVE:** Realidade Virtual (RV), simulação sensorial, fenômenos astronômicos, pesquisa com métodos mistos, compreensão conceitual, aprendizagem imersiva, tecnologia educacional.

## Introducción:

En los últimos años, la realidad virtual (RV) ha adquirido gran importancia en el ámbito educativo. El Informe Horizon EDUCAUSE 2020 (Redondo et al., 2020) afirma que el uso de la RV, así como de quienes la emplean, está en continuo crecimiento debido a varios factores: sus características inmersivas; su accesibilidad; la reducción progresiva de costos combinada con los avances en el rendimiento de los dispositivos electrónicos; mejores redes inalámbricas y celulares, y el número de experiencias con el uso de mayor inmersión y realismo basados en el advenimiento de la Inteligencia Artificial (AI). La IA ya se utiliza en los servicios educativos y en el diseño curricular. Cada vez más, los instructores humanos la utilizarán para proporcionar retroalimentación sobre el trabajo de los estudiantes y para facilitar el uso de otras aplicaciones de "asistentes virtuales de enseñanza" (Brown et al., 2020). También podría tener aplicaciones para perfeccionar la traducción de idiomas y mejorar el acceso para estudiantes con discapacidades visuales o auditivas.

En consecuencia, la ciencia es un proceso abierto e impulsado por la indagación, en el que los estudiantes necesitan observar e investigar fenómenos científicos y construir experiencias personales significativas (Edelson et al., 1999). En la educación científica, los docentes deben brindar a los estudiantes oportunidades para explorar y buscar información o participar en actividades prácticas para aumentar la eficacia del aprendizaje (Kober, 1993). El uso de la RV en este contexto es particularmente prometedor. A través del entorno de RV, los estudiantes tienen la oportunidad de participar en la indagación científica en entornos de aprendizaje formal de maneras que antes no eran posibles (Mills et al., 2019). Por ejemplo, los estudiantes pueden participar en un entorno inmersivo, junto con experiencias de aprendizaje realistas, para explorar fenómenos, analizar procesos científicos y resolver problemas.

La educación sensorial ha cobrado gran relevancia en los últimos años, impulsada por los avances tecnológicos (Rognoli, 2010) y el creciente interés en la exploración espacial. La presente investigación busca explorar el potencial de la Simulación sensorial y la RV (Taljaard, 2016) con visores de RV mixta de la marca *Meta Quest 3*, como herramientas de aprendizaje para niños de 5to y 6to grado en el contexto de una experiencia educativa sobre un recorrido en la superficie del planeta Marte y un paseo al interior de la Estación Espacial Internacional (EEI), laboratorio de investigación en órbita



terrestre baja, donde astronautas de diferentes agencias espaciales realizan experimentos científicos y aprenden a vivir en el espacio.

## Metodología:

Participantes. El estudio se llevó a cabo en una escuela pública urbana en Estados Unidos. La muestra del estudio consistió en 50 estudiantes de quinto y sexto grado (edad media = 11 años, 38 niños y 22 niñas) de dos clases (27 estudiantes en la clase experimental VR y 23 en la clase de control). El mismo investigador del presente estudio, es maestro con más de 10 años de experiencia docente, y quien atendió ambas clases.

Antes del experimento, el maestro recibió 3 meses de capacitación en VR, incluyendo el funcionamiento del dispositivo (*Meta Quest 3*) y las prácticas de enseñanza utilizando VR. Además, recibió orientación instructiva de expertos en RV sobre cómo integrar Simulación sensorial y VR en sus prácticas de enseñanza. Los estudiantes no habían estado expuestos previamente a las lecciones de este tipo, ni habían tomado lecciones de VR antes.

Diseño de la investigación: Se utilizó un método cuasiexperimental para examinar el efecto del RV en el nivel de compromiso y rendimiento académico de los participantes. El grupo experimental atendió las sesiones de Simulación sensorial y RV, mientras que el grupo de control completó el mismo contenido mediante métodos de enseñanza tradicionales en un aula normal. Tras finalizar el experimento, se administró una prueba posterior y cuestionarios a los estudiantes.

Herramientas de medición: Para examinar el rendimiento del aprendizaje, las herramientas de medición incluyeron las pruebas previas y posteriores, diseñadas por dos profesores de ciencias experimentados, así como los cuestionarios sobre participación y aceptación de la tecnología. El contenido de las pruebas previas y posteriores se diseñó de manera diferente para reducir el efecto de aprendizaje que podría producirse como resultado de posibles similitudes entre las dos pruebas. La prueba previa incluyó 25 ítems que se enfocaron en evaluar si el conocimiento científico previo de los estudiantes era equivalente antes de la participación. Consistía en 15 ítems de verdadero o falso y 10 ítems de opción única (puntaje perfecto = 50). Por ejemplo, una de las preguntas de verdadero o falso es "La gravedad en la superficie del planeta Marte puede ser más fuerte que la gravedad en la Tierra".

La prueba posterior incluyó 24 ítems que medían el conocimiento y la comprensión científica de los estudiantes en relación con las unidades de aprendizaje. Consistía en ocho ítems de opción única (p. ej., ¿Qué es la fuerza de gravedad?, ocho ítems de verdadero o falso, cinco ítems de completar espacios en blanco y tres ítems de respuesta corta (p. ej., ¿La fuerza de fricción estática y cinética sirven para ayudar a mover las personas y objetos en las superficies? ¿Por qué?) (puntuación perfecta = 100).

La fiabilidad de las pruebas previas y posteriores se evaluó mediante valores alfa de Cronbach, ambos superiores a 0,80 e indicaron una consistencia interna aceptable. Un panel de expertos compuesto por tres educadores verificó la validez de contenido de las pruebas. Tanto los profesores de ciencias como el panel de expertos revisaron las versiones finales de las pruebas previas y posteriores. Se revisó cualquier ítem problemático para garantizar una alta fiabilidad y validez. El idioma de las pruebas previas y posteriores en este estudio fue en inglés.

### *Desarrollo de sesiones basados en la Simulación sensorial y la RV.*

Resumen de la estructura de las sesiones: Para evaluar el impacto de la Simulación sensorial y la RV, este estudio se propuso integrar la RV con HMD (En RV, HMD significa Head-Mounted Display, refiriéndose al dispositivo que se usa en la cabeza y que muestra imágenes o entornos virtuales directamente frente a los ojos del usuario); en el aula y explorar más a fondo sus efectos en el rendimiento académico de los estudiantes de 5o y 6o grados en un ambiente inmersivo un recorrido en la superficie del planeta Marte y un paseo al interior de la EEI. Paralelamente al propósito del estudio, se propusieron las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cómo impacta la realidad virtual y la estimulación multisensorial en la comprensión de fenómenos astronómicos?
2. ¿Obtienen los estudiantes un mejor rendimiento académico y un mayor compromiso en un aula con Simulación sensorial y RV que en un aula donde se utilizan métodos de enseñanza tradicionales?
3. ¿Cuál es el grado de aceptación de la tecnología por parte de los estudiantes en cuanto a la facilidad de uso y la utilidad percibidas al aprender con Simulación sensorial y RV en el aula?
4. ¿Podrían la Simulación sensorial y la RV ser proyectadas como estrategias sostenibles y replicables en contextos educativos similares?



En este estudio, se desarrolló un aula basada en Simulación sensorial y RV, en la escuela secundaria seleccionada. El RV consistía en un aula física de aproximadamente 12 m x 7,5 m, en la que se integraron los dispositivos de hardware y el sistema de enseñanza RV (*Meta Quest 3*). Consistía en dos pizarras interactivas, diez (10) conjuntos de dispositivos RV (cada uno con un ordenador de alto rendimiento, un HMD y dos controladores) y una tableta móvil que contenía el sistema de enseñanza RV con las lecciones sistemáticas del aterrizaje en Marte, la superficie marciana y al interior de la EEI (Figura 1).

Figura 1:

(a) Estructura del sistema de enseñanza y módulos de juego, (b) Dispositivos HMD (*Meta Quest 3*) y (c) Proceso de aprendizaje.



Nota: Elaboración propia / Imágenes tomadas de la clase experimental y Pixabay.com

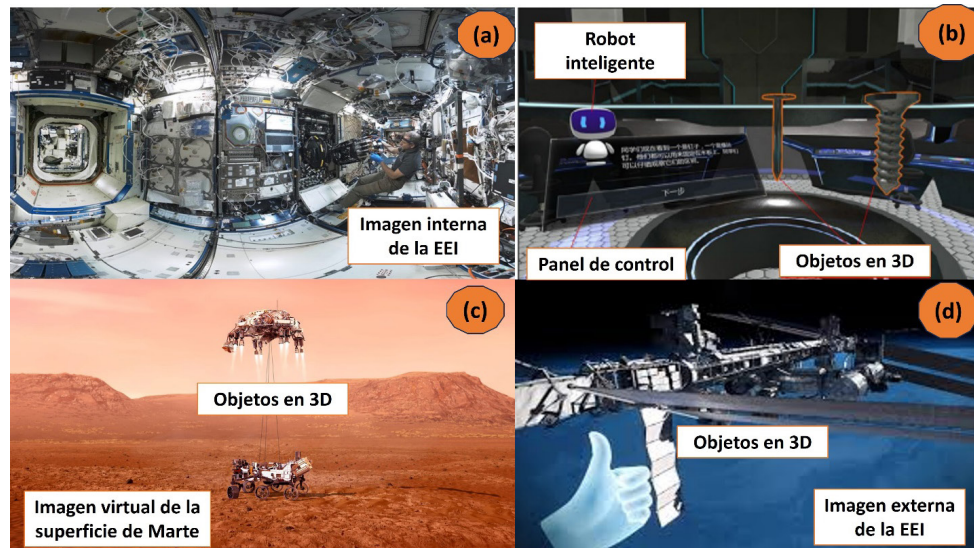
La experiencia de aprendizaje del grupo experimental consistió en tres etapas (Figura 2):

- ⦿ **Simulación sensorial de aterrizaje en Marte:** Los niños se sentaron en una cabina simulada y experimentaron vibraciones, sonidos e imágenes que recreaban la sensación de un aterrizaje en Marte.
- ⦿ **Recorrido por la superficie de Marte:** Los niños utilizaron visores de RV mixta de la marca *Meta Quest 3* para explorar la superficie del planeta rojo, interactuando con objetos y paisajes virtuales.
- ⦿ **Simulación de un recorrido en la EEI:** Los niños se embarcaron en un recorrido virtual por la EEI, observando los módulos y realizando

experimentos espaciales relacionados con cultivo de plantas, conservación de especies y efectos de la no-gravedad sobre los seres vivos en la EEI.

Figura 2.

La interfaz de las unidades de experiencia en el sistema de enseñanza Sensorial y VR.



Nota: Elaboración propia / Imágenes tomadas de entornos virtuales y Pixabay.com

Los dispositivos de RV de los estudiantes se conectaron a la tableta móvil del profesor a través de la aplicación, lo que les permitió seguir sus instrucciones en el entorno virtual. La Figura 2 muestra el proceso real de aprendizaje de los estudiantes en la VR, donde pudieron interactuar con el entorno virtual. Diez estudiantes formaron un grupo que compartía un conjunto de dispositivos RV y un área cuadrada que les proporcionaba más espacio para la experiencia de aprendizaje.

Mientras tanto, el profesor utilizó la tableta móvil para presentar los entornos virtuales específicos: (a) interior de la EEI, (b) panel de control y robot inteligente, (c) aterrizaje en Marte y (d) imagen exterior de la EEI; además de gestionar el tiempo de experiencia de los estudiantes y supervisar las conexiones de los dispositivos de RV.

Se desarrollaron cuatro experiencias de aprendizaje RV para estudiantes de quinto y sexto grado (clase experimental), basadas en un libro de astronomía ampliamente utilizado y siguiendo los estándares curriculares del distrito escolar.



La Figura 2 muestra la interfaz de estas unidades. Las unidades consistieron en (1) Conocer las leyes de la gravedad en los planetas y el espacio exterior: la fuerza de fricción estática y cinética (2) Conocer el panel de control y la función del robot inteligente (retroalimentación): clasificación de las superficies de los planetas y sus propiedades, (3) Concepto y propósito de la EEI (cultivo de plantas, conservación de especies y efectos de la no-gravedad sobre los seres vivos) y (4) Conocer las características generales del planeta Marte.

El objetivo de aprendizaje era ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión conceptual del conocimiento científico (gravedad, leyes de fricción, funcionamiento de la EEI y el planeta Marte). Las cuatro unidades de aprendizaje RV se dividieron en seis lecciones de ciencias de 45 minutos. La duración de las unidades a y b fue de 45 minutos cada una, y la de las unidades c y d fue de 90 minutos cada una. Por lo tanto, la duración total de todas las unidades fue de 270 minutos.

Finalmente, tras aprender los conocimientos de la gravedad, los estudiantes debían acceder a otra escena virtual que presentaba preguntas sobre las fuerzas de fricción estática y cinética, según sus características. Respondían las preguntas utilizando los controladores de RV para hacer clic en el menú que mostraba el robot inteligente.

Este proporcionaba retroalimentación instantánea sobre los resultados y, si todas las respuestas eran correctas, continuaba guiando a los estudiantes hasta que completaran todas las tareas de clasificación. Por el contrario, si los estudiantes elegían una respuesta incorrecta, el robot inteligente les pedía que respondieran la pregunta de nuevo hasta que eligieran la respuesta correcta.

## Resultados:

Rendimiento académico: La prueba previa examinó los conocimientos científicos de los estudiantes antes de las actividades de aprendizaje. Como se muestra en la Tabla 1, el resultado de la prueba t ( $t = 1,29$ ,  $p = 0,2 > 0,05$ ) no muestra diferencias significativas entre los dos grupos, lo que indica un conocimiento previo equivalente antes de las actividades de aprendizaje.



**Tabla 1.**

*Resultados de la prueba t.*

<b>Prueba t (t = 1,29, p = 0,2 &gt; 0,05)</b>						
	<b>Clase</b>	<b>Estudiantes</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>F</b>	<b>t</b>
<b>Pretest</b>	Experimental	27	0.50	0.21	0.01	1.29
	Control	23	0.60	0.21		

Nota: Elaboración propia. (datatab.net)

Después de las actividades de aprendizaje, se utilizó el análisis de covarianza (ANCOVA) para evaluar la diferencia entre los dos grupos, utilizando las puntuaciones de la prueba previa como covariable y las puntuaciones de la prueba posterior como variables dependientes.

El resultado de la prueba de homogeneidad mostró que las puntuaciones de la prueba posterior de los dos grupos eran homogéneas ( $p = 0,89 > 0,05$ ), lo que implica que se podía aplicar el ANCOVA.

La Tabla 2 resume los resultados del ANCOVA de la prueba posterior, donde las medias ajustadas de las puntuaciones de la prueba posterior fueron de 0,614 para la clase experimental y de 0,583 para la clase de control.

Además, se encontró una diferencia significativa entre las dos clases ( $p = .002 < .05$ ), lo que indica que los estudiantes que atendieron las sesiones de la Simulación sensorial y RV mostraron un rendimiento académico significativamente mayor que aquellos que aprendieron mediante métodos de enseñanza tradicionales.

**Tabla 2.**

*Resultados del ANCOVA de la prueba posterior.*

<b>Clase</b>	<b>Estudiantes</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Media Ajustada</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>F</b>
<b>Experimental</b>	27	0.708	0.223	0.614	0.033	10.48**
<b>Control</b>	23	0.569	0.221	0.583	0.034	

\*\* $p \leq .01$ . Nota: Elaboración propia. (datatab.net)



Compromiso: La Tabla 3 ilustra las comparaciones entre la participación general de las clases experimental y de control. Los resultados de la prueba t muestran una diferencia significativa entre las calificaciones de participación general de ambas clases ( $p = .03 < .05$ ), lo que indica que la Simulación sensorial y RV aumentó significativamente el compromiso general de los estudiantes en las sesiones de astronomía, en comparación con los métodos de enseñanza tradicionales.

Este estudio comparó además los cuatro subdimensiones del compromiso general: cognitivo, comportamiento, emocional y social. Como se muestra en la Tabla 3, los resultados de la prueba t revelan que la dimensión cognitiva ( $p = .03 < .05$ ), comportamiento ( $p = .02 < .05$ ), emocional ( $p = .03 < .05$ ) y social ( $p = .03 < .05$ ) de la clase experimental fueron significativamente mayores que las de la clase de control.

Estos resultados indican que los estudiantes que atendieron las sesiones de la Simulación sensorial y RV tuvieron un mayor compromiso cognitivo, de comportamiento, emocional y social en comparación con quienes aprendieron mediante métodos de enseñanza tradicionales.

**Tabla 3**

*Comparaciones entre el compromiso general de las clases experimental y de control*

<b>Postest</b>					
<b>Categoría</b>	<b>Clase</b>	<b>Estudiantes</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>t</b>
<b>Cognitivo</b>	Experimental	27	4.28	0.56	2.14*
	Control	23	4.04	0.53	
<b>Comportamiento</b>	Experimental	27	4.46	0.50	2.26*
	Control	23	4.13	0.46	
<b>Emocional</b>	Experimental	27	4.48	0.49	2.26*
	Control	23	4.25	0.65	
<b>Social</b>	Experimental	27	4.04	0.50	2.13*
	Control	23	3.76	0.60	
<b>General</b>	Experimental	27	3.44	0.48	2.15*
	Control	23	3.12	0.54	

\* $p \leq .05$ . Nota: Elaboración propia. (datatab.net)

Aceptación de la tecnología: En cuanto a las evaluaciones de la clase experimental sobre la utilidad percibida y la facilidad de uso del dispositivo RV, la mayoría de los estudiantes opinaron positivamente sobre su eficacia en las sesiones de astronomía.

Las medias y las desviaciones típicas de la utilidad percibida fueron de 4,49 y 0,60, y las medias, junto con las desviaciones típicas de la facilidad de uso fueron de 4,51 y 0,53. Se puede concluir que los estudiantes otorgaron altas calificaciones de aceptación de la tecnología, lo que significa que percibieron los beneficios del uso de la experiencia sensorial y RV en el aula en cuanto a su efecto en el rendimiento académico.

### *Respuestas a las preguntas de investigación del estudio*

Los resultados permiten responder a la pregunta: *¿Cómo impacta la realidad virtual y la estimulación multisensorial en la comprensión de fenómenos astronómicos?* Los datos del pretest y postest evidencian incrementos significativos en la comprensión de conceptos abstractos como atmósferas planetarias, características de la gravedad, confirmado que la inmersión multisensorial facilitó la transición de conocimientos implícitos a representaciones conceptuales más elaboradas. Este hallazgo concuerda con estudios recientes que demuestran que las experiencias inmersivas fortalecen la cognición científica al permitir la manipulación mental de objetos intangibles o no observables directamente (Sahu et al., [2023](#)).

La segunda pregunta del estudio abordaba si la RV lograba aumentar la motivación y el involucramiento académico de los estudiantes de 5º y 6º grado. Las observaciones y los reportes docentes confirmaron un aumento sostenido en la participación y la disposición para formular preguntas, lo que indica un efecto motivacional positivo durante la intervención. El uso de narrativas guiadas, la presencia de un avatar instructivo y la exploración libre dentro de la EEI generaron un clima emocional propicio para el aprendizaje. Estas dinámicas concuerdan con lo establecido por Zhai et al., [2022](#), cuando señalan que los entornos inmersivos potencian la motivación intrínseca y el compromiso conductual cuando los estudiantes vivencian el contenido en primera persona.

Respecto a la pregunta sobre el grado de aceptación de la tecnología y si la experiencia virtual favorecía la capacidad de visualización espacial por parte de los estudiantes orientada a facilitar la comprensión de conceptos difíciles de representar en el aula tradicional. Los resultados cualitativos del estudio mostraron que los estudiantes lograron explicar de manera más precisa las diferencias entre planetas, identificar elementos estructurales de la EEI y describir cambios de gravedad según el entorno. La RV actuó como un puente cognitivo que tradujo nociones abstractas en representaciones



sensoriales coherentes, permitiendo construir significados más sólidos y duraderos. Esta mejora fue especialmente notable entre estudiantes que inicialmente mostraban dificultades en la asignatura de ciencias, confirmando el potencial incluyente de la estrategia pedagógica aplicada en el presente estudio.

Para concluir, la última pregunta exploraba si la simulación sensorial y la RV podría ser proyectada como una estrategia sostenible y replicable en contextos educativos similares. La evidencia recogida muestra que, si bien la tecnología requiere ajustes lógicos y formación docente, su integración es viable y puede implementarse en instituciones con recursos limitados mediante dispositivos móviles y soluciones de bajo costo. Los testimonios docentes y la participación activa de los niños confirman que la estrategia no es solo replicable, sino que tiene el potencial para expandirse a otras áreas del conocimiento, fortaleciendo procesos de indagación, solución de problemas, pensamiento crítico, autonomía y aprendizaje interdisciplinar.

#### *Papel didáctico de la realidad virtual y la estimulación multisensorial.*

La RV desempeñó un papel central como mediadora didáctica al permitir que los estudiantes exploraran fenómenos astronómicos mediante entornos altamente inmersivos y perceptualmente coherentes. Su capacidad para recrear espacios tridimensionales y generar presencia cognitiva contribuyó a una comprensión más profunda de los contenidos, especialmente aquellos tradicionalmente abstractos como la gravedad o la estructura interna de la Estación Espacial Internacional. Recientes estudios han demostrado que los entornos inmersivos aumentan la retención conceptual al activar simultáneamente canales visuales, auditivos y kinestésicos (Radianti et al., 2020).

Paralelamente, la estimulación multisensorial amplificó el carácter experiencial del aprendizaje al integrar vibraciones, sonidos direccionales y señales visuales sincronizadas permitiendo que los estudiantes vivieran una "aterrizaje" simulado en el planeta Marte antes de iniciar la exploración virtual. Este diseño sensorial fomentó un aprendizaje situado que fortaleció la construcción de significados, alineándose con la literatura reciente que resalta cómo la interacción multisensorial favorece la cognición espacial y la interpretación científica en niños de primaria (Ferdig et al., 2020).

Otro aspecto interesante que potenció la motivación intrínseca y el compromiso emocional de los estudiantes fue la combinación de espacios

multisensoriales y el rol de los entornos inmersivos, capaces de generar estados de flujo y alta implicación estudiantil en tareas científicas (Jensen & Konradsen, 2018). El estudio confirmó incrementos significativos en la participación cognitiva, comportamental y socioemocional entre los participantes del grupo experimental. Desde una perspectiva pedagógica, la RV funcionó como un andamiaje digital que apoyó la indagación científica. La presencia de un robot inteligente capaz de ofrecer retroalimentación inmediata permitió que los estudiantes autorregularan su aprendizaje y corrigieran errores en tiempo real. Esta característica adaptativa se alinea con estudios recientes que identifican a la RV como una herramienta eficaz para apoyar la retroalimentación formativa y la autorregulación en contextos de ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas, STEAM (Parong & Mayer, 2021).

Finalmente, la simulación sensorial dentro de la RV generó condiciones para un aprendizaje colaborativo enriquecido. Aunque los dispositivos debían compartirse por turnos, la interacción entre pares, la verbalización constante de descubrimientos y la co-construcción de explicaciones fortalecieron habilidades socio-científicas clave. Eso coincide con investigaciones que indican que los entornos inmersivos, cuando se acompañan de dinámicas colaborativas, facilitan el proceso de construcción conjunta de conocimiento y promueven habilidades comunicativas y de razonamiento científico (Lindgren & Johnson-Glenberg, 2021).

## Conclusiones:

En este estudio, se desarrolló una experiencia de Simulación sensorial y RV mediante el uso de dispositivos de visualización de pantalla (HMD) y una tableta móvil que contenía un conjunto de lecciones sistemáticas de astronomía con RV. Para explorar la eficacia del enfoque propuesto, se realizó un experimento con las cuatro unidades de aprendizaje de astronomía en una escuela pública secundaria. Los resultados demostraron que los estudiantes que participaron en la Simulación sensorial y RV tuvieron un rendimiento académico significativamente mayor y un mayor compromiso (cognitivo, comportamiento, emocional y social) en comparación con quienes aprendieron mediante métodos de enseñanza tradicionales en un aula convencional. Además, la clase experimental mostró un alto grado de aceptación de la tecnología para el uso de la Simulación sensorial y RV en las aulas.



La Simulación sensorial y la RV se presentan como herramientas innovadoras para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el ámbito de los estudios sociales (historia, geografía, astronomía, etc). Su implementación en las aulas puede contribuir a despertar el interés de las nuevas generaciones por STEAM, fomentando la formación de futuros científicos, artistas y exploradores espaciales. Estas tecnologías permiten crear experiencias inmersivas y atractivas que facilitan la comprensión de conceptos complejos y abstractos, estimulando el interés y la motivación de los estudiantes.

En cuanto a la prueba de rendimiento académico, los hallazgos coinciden con estudios similares que hallaron que la Simulación sensorial y la RV tienen un impacto positivo en el rendimiento académico (Shi et al., 2019). En el presente estudio, los beneficios revelados de la RV pueden deberse a tres razones específicas. En primer lugar, el mayor rendimiento de la clase experimental puede deberse a las características positivas de la RV (retroalimentación, colaboración, inmersión e interacción).

Estudios previos indican que la cooperación y la comunicación efectiva de la RV permitirían a los estudiantes enfocarse más en el aprendizaje, lo que conlleva a una mejor adquisición del conocimiento (Ragan et al., 2015). Adicionalmente, las interacciones en clase ayudan a la solución de problemas y creación de ideas, mientras el contexto digital permite la incorporación de ideas, la reflexión y las interpretaciones conceptuales (Newman et al., 1997). De otra parte, las descripciones visuales del contexto científico y la retroalimentación inmediata del robot inteligente en la VR pueden desarrollar la adquisición del conocimiento. Consecuentemente, la combinación de entornos interactivos con tecnología VR, y las actividades presenciales de aprendizaje grupal, pueden proporcionar una significativa experiencia de aprendizaje.

Además, los estudiantes que aprendieron a través de la Simulación sensorial y la RV mostraron un mayor compromiso que quienes siguieron los métodos de enseñanza tradicionales, lo que confirma resultados similares de otros estudios (Lim et al., 2006; Bouta et al., 2012). Se investigó la participación a través de cuatro dimensiones para predecir con mayor precisión el rendimiento del aprendizaje en un contexto científico. En cuanto al compromiso cognitivo, los estudiantes parecieron esforzarse más por adquirir conocimientos científicos. Por ejemplo, entender los conceptos de la fuerza de fricción, y aprender los elementos ligados a la Simulación sensorial y la RV (p. ej., panel de control, robot inteligente, tableta móvil, EEI, etc.), lo que proporcionó un entorno de aprendizaje altamente inmersivo e interactivo.

En cuanto al compromiso y la dimensión social, los estudiantes participaron en actividades colaborativas a través de la Simulación sensorial y la RV. Este último puede fomentar la participación e interacción de los estudiantes, lo que les permite trabajar juntos hacia un objetivo de aprendizaje común. Por ejemplo, los estudiantes explicaron y compartieron información con sus compañeros sobre lo que observaron y aprendieron durante las sesiones virtuales. Además, el uso de RV en el aula incrementó el interés y la motivación de los estudiantes por las clases de ciencias, en este caso específico astronomía, lo que se tradujo en un mayor compromiso emocional.

Según las observaciones de la Simulación sensorial y la RV, durante las sesiones, se observó que los estudiantes mostraron mayor entusiasmo por las clases de RV en comparación con las condiciones tradicionales. Si bien durante las sesiones virtuales pudieron existir algunos desafíos específicos, como la limitación del tiempo usando las RV en grupo, la inflexibilidad o el mal funcionamiento del controlador de RV, y la cantidad limitada de dispositivos de RV, los estudiantes mantuvieron su compromiso, cognitivo, emocional y social.

Finalmente, este estudio también reveló que los estudiantes de la clase experimental fueron más positivos hacia la tecnología quienes descubrieron que la RV era fácil de usar y mejoraba su comprensión de las ciencias. Además, la alta utilidad y la facilidad de uso percibida, sugirieron que la Simulación sensorial y la RV, no distraía a los estudiantes durante las actividades de aprendizaje.

### *Implicaciones, limitaciones e investigaciones futuras*

Sin embargo, a pesar de estos beneficios en términos de aprendizaje, algunos estudios han reportado que algunos usuarios pueden experimentar síntomas de incomodidad física al usar tecnologías inmersivas (Weech et al., 2019). Se recomienda continuar explorando el potencial de la Simulación sensorial y la RV en diferentes áreas de la educación y diferentes grados y edades de los estudiantes, así como investigar el impacto de estas tecnologías en el desarrollo de habilidades cognitivas y socioemocionales en los estudiantes.

Asimismo, se sugiere profundizar en el diseño de experiencias de aprendizaje que aprovechen al máximo las ventajas de estas herramientas, considerando las características y necesidades específicas de los



estudiantes. De hecho, el término «ciberenfermedad» se acuñó en la década de los noventa para describir este fenómeno (McCauley y Sharkey, 1992). En este contexto, futuras investigaciones que consideren tanto las ganancias de aprendizaje como los efectos secundarios negativos representarán un gran avance para que la comunidad educativa evalúe globalmente el potencial de un uso más frecuente de la RV en contextos educativos durante períodos más prolongados.

Este estudio también presenta varias limitaciones. En primer lugar, solo demostró que la Simulación sensorial y la RV actual es eficaz para estudiantes de quinto y sexto grado, lo que significa que los resultados podrían no ser generalizables a otros grados y edades. Los futuros diseños o implementaciones de RV para actividades de aprendizaje de ciencias en el aula deberían considerar características adicionales del alumnado (edad, género e inmersión percibida). Por ejemplo, como sugieren Cheng y Tsai (2020), estudios futuros podrían considerar los factores de inmersión de la atención básica y el disfrute de dicha actividad pedagógica.

También coinciden estos resultados con Makransky y Lilleholt (2018) en que las características de RV, como la facilidad del panel de control, deben tenerse en cuenta al diseñar entornos de Simulación sensorial y la RV. Además, si bien el presente estudio demostró que el robot inteligente virtual puede proporcionar retroalimentación inmediata para el aprendizaje de los estudiantes, aún no se tiene certeza si este tipo de diseño de la Simulación sensorial y la RV, que incluye elementos de retroalimentación, es tan eficaz como otros sistemas en línea o entornos de aula tradicionales. Por lo tanto, estudios futuros deberían considerar el diseño pedagógico y tecnológico de los elementos de retroalimentación de la Simulación sensorial y la RV para mejorar el aprendizaje de ciencias.

Además, dado que los grupos de estudiantes tuvieron que turnarse para usar los 10 HMD proporcionados durante las sesiones de aprendizaje, las investigaciones futuras deberían esforzarse por preparar a los estudiantes para usar eficazmente el tiempo compartido con los HMD e investigar cómo estos grupos de estudiantes colaboran en entornos de RV. Finalmente, también se necesitan investigaciones sobre los efectos a largo plazo del uso de la Simulación sensorial y la RV en las aulas para el aprendizaje de ciencias.



## Referencias:

- Bouta, H., Retalis, S., & Paraskeva, F. (2012). Utilizing a collaborative macro-script to enhance student engagement: A mixed method study in a 3D virtual environment. *Computers & Education*, 58(1), 501–517.
- Brown, M., McCormack, M., Reeves, J., Brooks, C. D., & Grajek, S. (2020). 2021 EDUCAUSE Horizon Report: teaching and learning edition. *Horizon Report*.
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2020). Students' motivational beliefs and strategies, perceived immersion and attitudes towards science learning with immersive virtual reality: A partial least squares analysis. *British Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.1111/bjet.12956>.
- Online Statistics Calculator. <https://datatab.net/statistics-calculator/ancova-calculator>
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3–4), 391–450. <https://doi.org/10.1080/10508406.1999.9672075>.
- Ferdig, R. E., Baumgartner, E., Hartshorne, R., Kaplan-Rakowski, R., & Mouza, C. (2020). *Teaching, technology, and education during the COVID-19 pandemic: Stories from the field*. Association for the Advancement of Computing in Education.
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515–1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- Kober, N. (1993). EdTalk: What we know about science teaching and learning. Washington, DC: Council for Educational Development and Research, Office of Educational Research and Improvement.
- Lindgren, R., & Johnson-Glenberg, M. (2021). Emboldened by embodiment: Six precepts for research on embodied learning and virtual reality. *Educational Researcher*, 50(3), 212–222. <https://doi.org/10.3102/0013189X20960638>
- Lim, C. P., Nonis, D., & Hedberg, J. (2006). Gaming in a 3D multiuser virtual environment: Engaging students in science lessons. *British Journal of Educational Technology*, 37(2), 211–231. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2006.00531>.
- Newman, D., Johnson, C., Webb, B., & Cochrane, C. (1997). Evaluating the quality of learning on the computer supported co-operative learning. *Journal of the American Society for Information Science*, 48(6), 484–495.
- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66, 1141–1164.
- McCauley, M. E., & Sharkey, T. J. (1992). Cybersickness: Perception of self-motion in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1(3), 311–318.
- Mills, K., Jass Ketelhut, D., & Gong, X. (2019). Change of teacher beliefs, but not practices, following integration of immersive virtual environment in the classroom. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1786–1811. <https://doi.org/10.1177/0735633119854034>
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2021). Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(1), 226–241. <https://doi.org/10.1111/jcal.12482>



- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education, 147*, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Ragan, E. D., Bowman, D. A., Kopper, R., Stinson, C., Scerbo, S., & McMahan, R. (2015). Effects of field of view and visual complexity on virtual reality training effectiveness for a visual scanning task. *IEEE Transactions on Visualization Computer Graphics, 21*(7), 794–807. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2015.2403312>.
- Redondo, A. M. F., Cárdenas, F. D. J. N., San Juan, L. A. M., & Morales, Y. A. D. C. (2020). Predicciones del informe Reporte Horizonte: Retrospectiva del 2004 al 2020 (Predictions Horizon Report: Retrospective from 2004 to 2020). *Pistas Educativas, 42*(137).
- Rognoli, V. (2010). A broad survey on expressive-sensorial characterization of materials for design education.
- Sahu, K., Gupta, V., & Majumdar, R. (2023). *Immersive learning for conceptual understanding: A systematic review of virtual and augmented reality in K–12 science education*. *Computers & Education, 195*, 104703. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104703>
- Shi, A., Wang, Y., & Ding, N. (2019). The effect of game-based immersive virtual reality learning environment on learning outcomes: Designing an intrinsic integrated educational game for pre-class learning. *Interactive Learning Environments, 1–14*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1681467>.
- Taljaard, J. (2016). A review of multi-sensory technologies in a science, technology, engineering, arts and mathematics (STEAM) classroom. *Journal of Learning Design, 9*(2), 46–55.
- Villena-Taranilla, R., Tirado-Olivares, S., Cózar-Gutiérrez, R., & González-Calero, J. A. (2022). Effects of virtual reality on learning outcomes in K-6 education: A meta-analysis. *Educational Research Review, 35*, 100434.
- Weech, S., Kenny, S., & Barnett-Cowan, M. (2019). Presence and cybersickness in virtual reality are negatively related: a review. *Frontiers in psychology, 10*, 158.
- Zhai, X., Wang, M., & Ren, Y. (2022). How immersive technologies enhance learner engagement: Evidence from virtual reality in elementary science learning. *Educational Technology Research and Development, 70*(6), 2639–2661. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10120-y>