

# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica



Volumen 6; Número 11; Enero-junio 2025

ISSN: 2683-328X

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S. C.

La revista científica Transdigital es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Hasta ahora, la revista ha sido indizada en: Latindex, Dialnet, ERIHPLUS, REDIB, EuroPub, LivRe, AURA, Academic Resource Index (Research Bib), BASE, MIAR, OpenAire-Explore, Google Scholar, Refseek, ROAD, Sherpa Romeo, Elektronische Zeitschriftenbibliothek, WorldCat, Dimensions, REBIUN, DARDO, Open Ukrainian Citation Index, Zeitschriften Datenbank y The University of Liverpool. Dirección oficial: Circuito Altos Juriquilla 1132. C.P. 76230, Querétaro, México. Tel. +52 (442) 301-3238. Página web oficial: [www.revista-transdigital.org](http://www.revista-transdigital.org). Correo electrónico: [aescudero@revista-transdigital.org](mailto:aescudero@revista-transdigital.org). Editor en jefe: Alejandro Escudero-Nahón (ORCID: 0000-0001-8245-0838). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102. International Standard Serial Number (ISSN): 2683-328X; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (México). Responsable de la última actualización: Editor en jefe: Dr. Alejandro Escudero-Nahón. Todos los artículos en la revista Transdigital están licenciados bajo Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). Usted es libre de: Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente. La persona licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia. Lo anterior, bajo los siguientes términos: Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.



# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica

Uso de simuladores de realidad virtual para el aprendizaje del ciclo celular: una innovación para la enseñanza de la biología

Using virtual reality simulators to learn about the cell cycle: an innovation for teaching biology



Rubén Alexander Romero-Pleitez \*  
Universidad Evangélica de El Salvador  
ORCID: 0009-0005-7601-9706



Jonathan Alberto Canjura-Hernández  
Universidad Evangélica de El Salvador  
ORCID: 0009-0001-8007-5680

## Uso de simuladores de realidad virtual para el aprendizaje del ciclo celular: una innovación para la enseñanza de la biología

### Using virtual reality simulators to learn about the cell cycle: an innovation for teaching biology

#### Resumen

El estudio analizó la efectividad en el uso de herramientas tecnológicas de Realidad Virtual (RV) para la enseñanza del ciclo celular en la asignatura de Biología General, de la Facultad de Medicina de la Universidad Evangélica de El Salvador (UEES). Las innovaciones implementadas se basaron en el uso del dispositivo *Oculus Meta Quest 2*, herramienta que permitió al estudiante visualizar un entorno virtual de forma inmersiva e interactiva. Los participantes manejaron el simulador y evaluaron su utilidad y beneficios durante el desarrollo de la temática *División Celular: tipo mitosis*. A partir de sus valoraciones se analizó la experiencia obtenida. Los resultados indicaron una amplia aceptación de las aplicaciones de RV, con mejoras significativas en el interés y la motivación hacia el aprendizaje de la Biología. Además, los estudiantes percibieron que el simulador de RV fue relevante para alcanzar competencias específicas de aprendizaje relacionadas con la identificación y la comprensión de las etapas de la mitosis. Este estudio subrayó el potencial educativo de la RV en la Biología, sugiriendo que puede mejorar considerablemente la comprensión y la retención de conceptos biológicos complejos.

**Palabras clave:** realidad virtual, ciclo celular, enseñanza de la biología, simulador del ciclo celular

#### Abstract

This study analyzed the effectiveness of using Virtual Reality (VR) technology to teach the cell cycle in the General Biology course at the Faculty of Medicine of the Evangelical University of El Salvador (UEES). The innovations implemented were based on the use of the *Oculus Meta Quest 2* device, a tool that allowed students to view a virtual environment in an immersive and interactive manner. Participants used the simulator and evaluated its usefulness and benefits during the development of the Cell Division: Mitosis Type topic. Their feedback was used to analyze the experience. The results indicated widespread acceptance of VR applications, with significant improvements in interest and motivation for learning Biology. Furthermore, students perceived the VR simulator as relevant for achieving specific learning competencies related to identifying and understanding the stages of mitosis. This study highlighted the educational potential of VR in Biology, suggesting that it can significantly improve the understanding and retention of complex biological concepts.

**Keywords:** virtual reality, cell cycle, biology education, cell cycle simulator

## 1. Introducción

En la actualidad, la educación atraviesa una fase de transformación significativa impulsada por nuevos métodos de aprendizaje y tecnologías innovadoras del siglo XXI. Por lo tanto, educadores, estudiantes e instituciones educativas deben adaptarse e incorporar diversas tecnologías en el aula para optimizar el proceso de aprendizaje. En esta dinámica, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y las tecnologías del aprendizaje y del conocimiento (TAC) se posicionaron como herramientas innovadoras en el ámbito educativo. A pesar de que no fueron concebidas para aplicarse en un ambiente académico, estas tecnologías motivan el logro de competencias prácticas. Esto permite que se conviertan en instrumentos pedagógicos útiles para las nuevas generaciones (Marín Moya, 2019).

Existen tecnologías que simulan entornos virtuales e incorporan inmersión, navegación e interacción con estos entornos y modelos digitales. Estas tecnologías incluyen la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV). Cada una presenta ventajas y características específicas, permitiendo la interacción con objetos reales y elementos virtuales mediante una *superposición de capas de información* (Cabero-Almenara et al., 2022; Rauschnabel et al., 2022; Romero-Saritama et al., 2023).

La RV se define como un entorno digital en el que los datos virtuales sustituyen a los físicos, creando una nueva realidad. En este sentido, una simulación de un mundo virtual involucra la percepción visual como otros sentidos, generando la sensación de estar inmerso en el entorno virtual. A pesar de que desde 1980 se usaban simuladores para el entrenamiento de pilotos y otras aplicaciones, fue la reducción del costo de la tecnología y el aumento de la potencia de cálculo de los procesadores lo que democratizó el uso de estas herramientas (Marín Moya, 2019; Cabero-Almenara et al., 2022).

El uso de la RV requiere un programa de realidad simulada y un dispositivo específico en forma de lentes o gafas. Estos dispositivos, conocidos como *Head Mounted Displays*, facilitan un entorno inmersivo. En ella se crean ambientes tridimensionales, donde los usuarios manipulan elementos y realizan actividades en espacios virtuales. Esto permite la emulación de entornos reales y la creación de escenarios completamente originales (Wu et al., 2020).

Como herramienta pedagógica, la RV puede adaptarse a diversas áreas y disciplinas. En la actualidad, existen diversos estudios que analizaron su aplicación en las Ciencias Sociales, Lenguaje, Anatomía y Fisiología, Química, Física y Ciencias Computacionales. En el caso específico de la Biología, existen diversas aplicaciones de RV. Por ejemplo, simulaciones de células procariotas y eucariotas (*InCell VR* y *Inside a Cell*). En el caso de programas de RA hay simulaciones de división celular (Marín Moya, 2019; Pumarica, 2022).

El uso de simulaciones de RV en la enseñanza de la Biología ofrece múltiples ventajas para el proceso de aprendizaje. El uso de esta herramienta facilita la inmersión de los estudiantes, pues aumenta su interés y motivación. Además, permite la interacción directa con objetos y procesos simulados, promoviendo una comprensión intuitiva y aplicada de los conceptos biológicos. Asimismo, es posible adaptar un simulador de RV a diversos niveles y estilos de aprendizaje, brindando una experiencia didáctica personalizada (Marín Moya, 2019; Vásquez Carbonell & Silva-Ortega, 2020; Cabero-Almenara et al., 2022; Rauschnabel et al., 2022; Romero-Saritama et al., 2023).

En relación con lo anterior, las aplicaciones de RV en las ciencias biológicas permiten la enseñanza de conceptos complejos o abstractos en un entorno controlado. Por lo tanto, facilita la apropiación de saberes que son difíciles de representar en el aula o el laboratorio, como es caso de los procesos celulares y moleculares. Con la infraestructura adecuada, la RV puede facilitar el acceso a una educación de calidad para estudiantes en localidades remotas o con limitaciones físicas, pues permite al docente convertirse en facilitador de las experiencias inmersivas, mientras el estudiante fortalece conocimientos previos, evalúa información de forma crítica, y promueve habilidades de comunicación y creación en nuevos formatos (Juca Maldonado et al., 2020).

Sin embargo, simular un objeto o un entorno virtual requiere infraestructura tecnológica adecuada, capacidades técnicas y financieras para diseñar o adaptar los software existentes. Además, tanto el software como el *hardware* necesitan actualizaciones continuas, lo que exige un análisis riguroso para seleccionar los recursos tecnológicos más adecuados para la docencia. Otras desventajas importantes son el uso de los simuladores, pues pueden causar mareos y otros síntomas en los usuarios (Becerra Romero, 2020; Chirinos Delfino, 2021; Cabero-Almenara et al., 2022; Romero-Saritama et al., 2023).

Por otro lado, incorporar una aplicación de RV no constituye una innovación por sí misma, pues debe respaldar con una estructura pedagógica basada en objetivos o competencias claramente definidas, ya que su aplicación debe ser coherente con los criterios pedagógicos-didácticos para adaptándose al contexto del estudiante. Asimismo, se deben considerar los recursos disponibles, las características del grupo de clase y la finalidad educativa que pretende el ente formador. De esta manera, la actividad tendrá el potencial de ser enriquecedora y permitirá a los estudiantes alcanzar las competencias de aprendizaje deseadas (Bustos-Mendoza et al., 2006; Moreno Ibañez & Rivarola, 2023).

## 2. Método de investigación

El estudio tuvo un diseño descriptivo de tipo observacional, con un enfoque cuantitativo para investigar el impacto de la RV en el proceso de aprendizaje del ciclo celular en la asignatura de Biología General (Cohen & Gómez Rojas, 2019). Este estudio analizó la efectividad de implementar un simulador de RV como herramienta para el desarrollo de las temáticas relacionadas con el ciclo celular. Asimismo, determinó cómo la inmersión y la interactividad influencia la comprensión y retención de conceptos biológicos por parte de los estudiantes, así como la motivación y la satisfacción de los estudiantes con el proceso de aprendizaje.

La estrategia para implementar el simulador se llevó a cabo en el laboratorio de Biología de la Facultad de Medicina, concretamente durante la práctica de laboratorio *Ciclo Celular*. Previo a la práctica de laboratorio, se diseñó un simulador de RV enfocado en el ciclo celular, específicamente en la división celular asexual o mitosis. La simulación se desarrolló en un entorno completamente inmersivo e interactivo para los participantes, empleando gafas de RV. Con el dispositivo, los participantes observaron una simulación de células en mitosis. Simultáneamente, los estudiantes revisaron los fundamentos teóricos de los eventos que tienen lugar en cada etapa o fase de la mitosis, retroalimentando las observaciones realizadas.

Al finalizar la simulación, los participantes contestaron un cuestionario grupal para valorar su comprensión de los procesos relacionados a la mitosis. Para concluir, se aplicó una encuesta tipo Likert (Creswell, 1994). Esto permitió recopilar las diferentes percepciones y valoraciones resultantes del ejercicio académico. Este instrumento permitió su medición y análisis objetivo sobre la experiencia estudiada. Con la finalidad de enriquecer y contrastar las valoraciones, se incluyeron doce preguntas para analizar la experiencia de aprendizaje con el simulador de RV sobre ciclo celular.

### 2.1. Participantes

El estudio se llevó a cabo en la Universidad Evangélica de El Salvador. El simulador se implementó con 501 estudiantes inscritos en la asignatura de Biología General de los programas del Doctorado en Medicina, Licenciatura en Nutrición y Dietética, y Doctorado en Cirugía Dental. Por otro lado, el instrumento se aplicó a 296 estudiantes de forma voluntaria (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Participación y representatividad de estudiantes en la implementación y evaluación del simulador por carrera*

	Carreras		
	Doctorado en Medicina	Licenciatura en Nutrición y Dietética	Doctorado en Cirugía Dental
Estudiantes que participaron en la implementación del simulador	311 (62%)	99 (20%)	91 (18%)
Estudiantes que completaron el instrumento	200	42	54
Porcentaje de representatividad	40%	8%	11%

*Nota.* El rango de edad de los participantes fue de 17 a 49 años.

## 2.2. Diseño e implementación del simulador

La implementación del simulador RV del ciclo celular se dividió en etapas secuenciales, comenzando con la *Selección* y el *Diseño del Simulador*. Se identificó el contenido biológico a virtualizar y se evaluaron las animaciones existentes sobre el *ciclo celular*. Se consideró este tema como el saber teórico más idóneo a virtualizar debido a las limitantes que tienen las estrategias convencionales. Por ejemplo, la observación de muestras fijas bajo microscopía, las cuales no ofrecen una representación dinámica de los procesos celulares. El diseño de la animación RV se llevó a cabo en colaboración con la Dirección de Tecnología Educativa de la Universidad Evangélica de El Salvador, priorizando calidad gráfica, interactividad, usabilidad y precisión científica (Figura 1). La validación del simulador se realizó con un equipo docente especializado en Biología.

**Figura 1**

*Simulación del ciclo celular observada por los participantes*



Posteriormente, se capacitó a los docentes de la asignatura de Biología, quienes son los responsables de dirigir las prácticas de laboratorio (Figura 2). Ellos se encargaron de orientar a los estudiantes en el uso del simulador. Se utilizó el dispositivo *Oculus Meta Quest 2* para brindar una experiencia inmersiva de alta calidad. El dispositivo ofrece una pantalla integrada, y dos mandos para la interacción con los objetos virtuales y escenarios gráficos. Las gafas fueron sencillas de usar, pues los programas se instalaron en el mismo dispositivo, no requieren conexión a la red, y desarrollan la simulación con total fluidez.

## Figura 2

Docente (1) y estudiantes (2) inmersos en la simulación, utilizando las gafas *Oculus Quest 2*



Para la etapa de *Implementación del simulador*, se creó un manual operativo y material audiovisual para familiarizar a los estudiantes con el equipo y el entorno virtual. Esta etapa se efectuó durante las sesiones prácticas de laboratorio, combinando la observación microscópica tradicional con la tecnología de RV. El método de trabajo se desarrolló en grupos, y se designó un área específica para el uso del simulador. Los estudiantes desarrollaron una guía de laboratorio estructurada enfocada en el logro de las competencias con diferentes actividades y ejercicios. Por último, se agregaron evaluaciones de conocimiento antes y después de las sesiones prácticas para que los tutores documentaran las observaciones del desempeño estudiantil.

### 2.3. Evaluación de la experiencia estudiantil

Se administró un instrumento de manera virtual para obtener datos cuantitativos sobre las perspectivas de interactividad y contribución del simulador al aprendizaje del ciclo celular. Se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo e inferencial de los datos cuantitativos, complementado con la interpretación de la retroalimentación cualitativa. Este proceso identificó aspectos positivos y oportunidades de mejora, delineando recomendaciones para futuras aplicaciones.

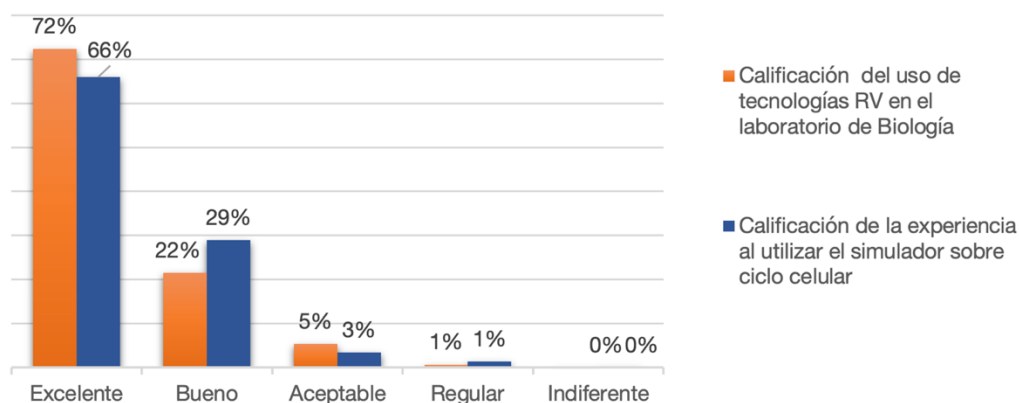
## 3. Resultados

### 3.1. Uso del simulador

La mayoría de los estudiantes calificó de forma positiva el uso de tecnologías de RV en el desarrollo de la práctica de laboratorio de Biología. El 72% de los estudiantes valoró de forma *excelente* el uso de la tecnología RV, mientras que el 22% lo consideró *bueno*. Esta tendencia se reflejó al explorar específicamente la experiencia con el simulador de RV del ciclo celular, donde el 95% de los estudiantes la calificaron como *bueno* o *excelente*. Por lo tanto, los participantes consideraron que esta tecnología es positiva para la enseñanza de las ciencias biológicas (Figura 3).

**Figura 3**

Valoraciones sobre el uso de tecnologías RV en la práctica de laboratorio de Biología

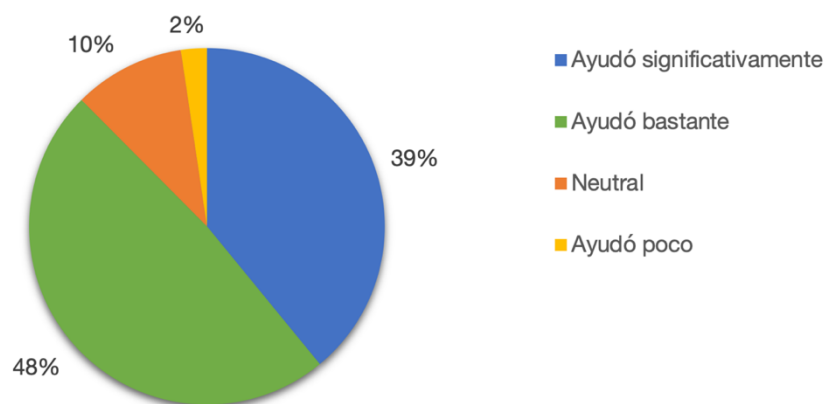


### 3.2. Utilidad pedagógica y efectividad del simulador

Sobre la efectividad pedagógica del simulador, se encontró que al 39% de los estudiantes la tecnología de RV le *ayudó significativamente* a lograr las competencias de aprendizaje, mientras que el 48% consideró que les *ayudó bastante* (Figura 4). En la práctica de laboratorio de Biología General sobre el ciclo celular las competencias de aprendizaje son: diferenciar las etapas del ciclo celular (interfase, profase, metafase, anafase, telofase), y explicar la conducta de los cromosomas en cada una de las etapas de la división celular. El simulador buscó alcanzar dicha competencia al representar el proceso de la mitosis.

**Figura 4**

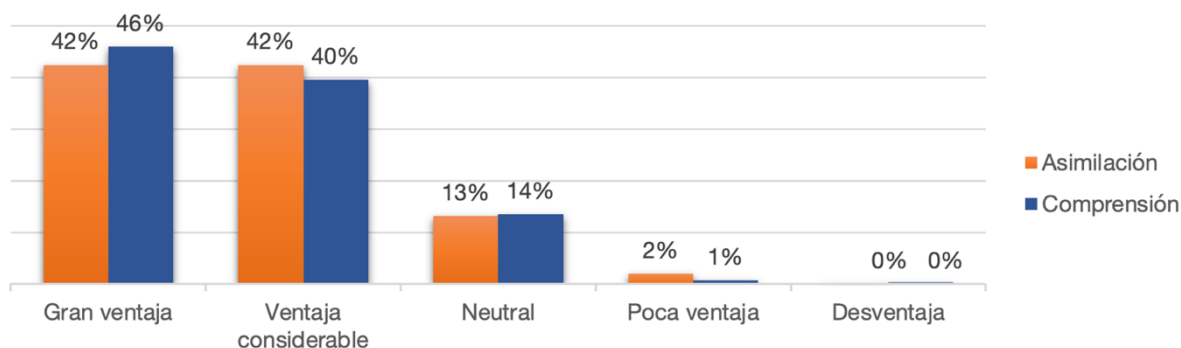
*Utilidad del simulador de RV sobre ciclo celular para alcanzar las competencias de aprendizaje*



Al comparar el uso del simulador de RV sobre el ciclo celular, en términos de asimilación y comprensión de la mitosis con otras estrategias pedagógicas, como clases magistrales y libros de texto, los estudiantes percibieron una ventaja significativa en el uso de tecnología RV. Para el 42% de los estudiantes, el simulador de RV ofreció una *gran ventaja*, y para otro 42%, una *ventaja considerable* para asimilar los conceptos básicos de la división celular mitótica. De igual forma, el 46% de los estudiantes encontró una *gran ventaja* y el 40% encontró una *ventaja considerable* en el uso de la tecnología RV para comprender los conceptos básicos de la división celular (Figura 5).

**Figura 5**

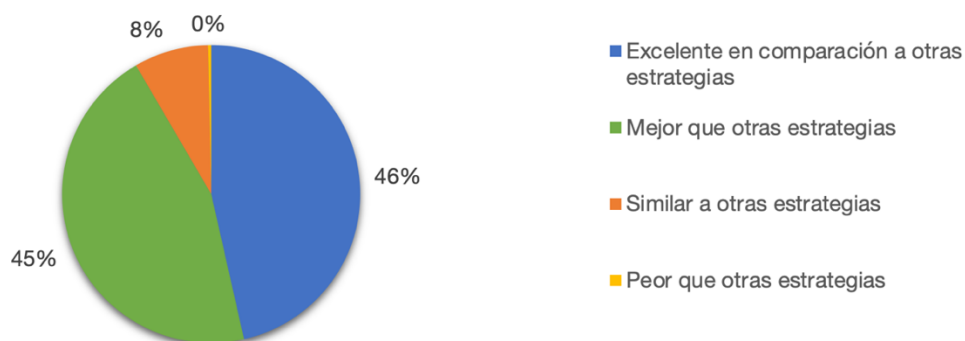
*Ventajas del simulador de RV del ciclo celular en comparación a otras estrategias pedagógicas para la retención y comprensión de los conceptos*



El uso de RV en el laboratorio de Biología supuso una experiencia pedagógica muy interesante para los estudiantes en comparación a otras estrategias de enseñanza tradicionales, pues el 92% de los estudiantes señaló que las estrategias pedagógicas basadas en aplicaciones RV en Biología son mejores que otras estrategias (Figura 6). En este sentido, los alumnos reconocieron que la capacidad de interactuar con el modelo celular tridimensional, la inmersión completa en la división celular, y la visualización dinámica de la mitosis fueron más útiles que la observación de preparados fijos. Esto permitió inferir que el uso del simulador RV es particularmente beneficioso para diferentes estilos de aprendizaje.

**Figura 6**

*Comparación del uso del simulador de RV como estrategia de enseñanza en comparación a otras estrategias pedagógicas*

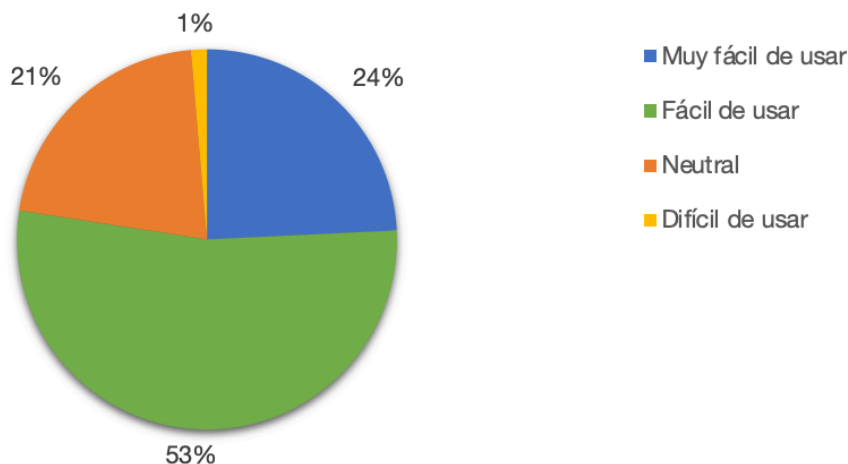


### 3.3. Dispositivos utilizados

Al indagar sobre el uso del dispositivo *Oculus Meta Quest 2* y el simulador, se encontró que para el 77% de los participantes fue *fácil* o *muy fácil* de usar, a pesar de que en algunos casos fue su primera experiencia pedagógica inmersiva en entornos virtuales (Figura 7). En las evaluaciones realizadas se detectaron varios aspectos que contribuyeron a una experiencia de usuario positiva. Por ejemplo, la calidad gráfica, la claridad de las instrucciones, la interfaz intuitiva y la navegación sencilla, entre otros.

**Figura 7**

*Calificación de la facilidad de manejo del dispositivo, los controles y la navegación en el simulador*



Sobre la facilidad de uso, considerando el amplio rango de edad de los participantes en el estudio, se exploró la relación entre ambas variables utilizando el programa *SPSS versión 26*. Se evaluó la normalidad de los datos, encontrando que no seguían una distribución normal con un tamaño de muestra ( $n=297$ ). Además, se realizaron pruebas de *Kolmogorov-Smirnov* y análisis de correlación de *Spearman*, revelando un coeficiente (Rho) de 0.549 entre la edad y la percepción de facilidad de uso del simulador. Este valor sugirió una correlación moderadamente positiva, indicando que a medida que aumenta la edad de los usuarios, mejora su percepción sobre la facilidad de uso del simulador de mitosis en realidad virtual.

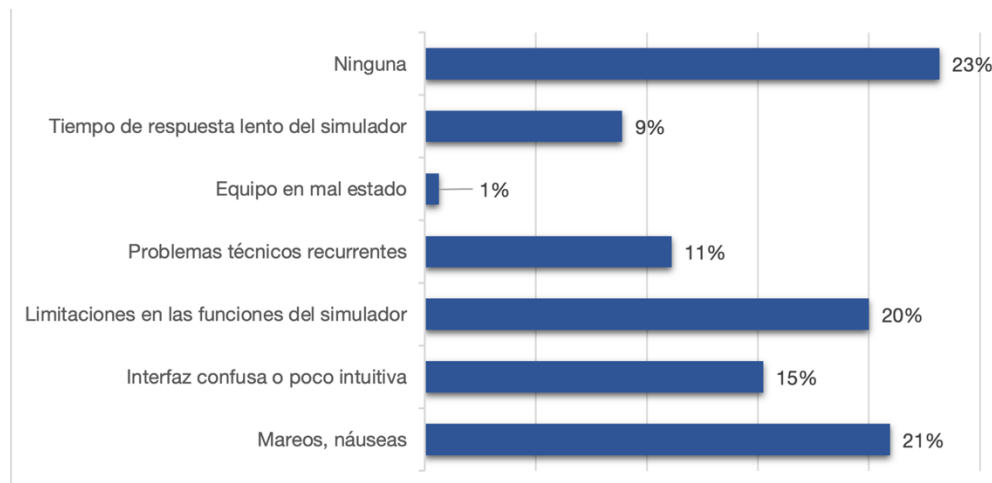
En cuanto a las dificultades en el uso del simulador, varios estudiantes reportaron distintos aspectos a considerar para la integrar la RV en el aula. El 21% experimentó *mareos o náuseas* al utilizar el simulador, el 20% identificó *limitaciones en las funciones del dispositivo*, el 15% consideró que la *interfaz del simulador era poco*

*intuitiva*, el 11% enfrentó *problemas técnicos recurrentes*, y el 9% señaló que el simulador tenía un *tiempo de respuesta lento* (Figura 8).

Otros comentarios se enfocaron en la duración de batería, pues al reducirse la rápidamente la batería del dispositivo, el equipo técnico tenía problemas para identificar los dispositivos descargados a menos que fueran reportados por los estudiantes en el momento. Otros participantes mencionaron dificultades para ver la información agregada en el simulador, así como incomodidades o dificultades para ajustarlo adecuadamente.

**Figura 8**

*Dificultades reportadas por los usuarios en el uso del simulador*



## 4. Discusión

El análisis de datos mostró que la experiencia con el simulador fue favorable, y la integración de tecnologías de RV reportó grandes beneficios en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Cabe destacar que, para algunos estudiantes, esta fue su primera experiencia pedagógica inmersiva en entornos virtuales. La investigación fue un componente innovador en comparación con las prácticas tradicionales de observación microscópica. Entre las apreciaciones, se observó que al integrar ambientes inmersivos el aprendizaje se vuelve más dinámico y motivador. Esto permitió que los alumnos comprendieran temas complejos (Marín Moya, 2019; Becerra Romero, 2020; Majewska & Vereen, 2023; Tzung-Fang et al., 2023).

Los estudiantes mencionaron varios aspectos positivos del simulador. Por ejemplo, la interactividad, la claridad en la visualización tridimensional de los procesos celulares, la inclusión de un instrumento de evaluación, y el *feedback* inmediato que se recibe al desarrollar el simulador. Diversos autores subrayaron la importancia de incluir tecnologías en los procesos de aprendizaje de los estudiantes, asegurándose de que éstas no se utilicen de forma esporádica ni sean versiones digitales de las estrategias clásicas de enseñanza (Marín Moya, 2019; Chirinos Delfino, 2021; Romero-Saritama et al., 2023). Asimismo, algunos usuarios reportaron dificultades en el uso del simulador (Figura 7). Esto debe tomarse en cuenta para crear adecuaciones y para evitar esos inconvenientes.

Comparado con las estrategias tradicionales de enseñanza, como la observación microscópica y el uso de diagramas, los resultados de la investigación sugieren que el simulador de RV proporcionó una experiencia más interactiva y comprensible. La capacidad de ver y manipular modelos tridimensionales de las células durante la mitosis hizo que las diferencias entre las etapas fueran evidentes y fáciles de recordar. Asimismo, la tecnología no solo favoreció la asimilación de información, sino que también facilitó la comprensión y la apropiación de la división celular mitótica.

Tradicionalmente, la enseñanza sobre el ciclo celular se enfocaba en memorizar los momentos característicos de la mitosis (profase, metafase, anafase, telofase, citocinesis, interfase). En ese contexto, es usual que el uso de materiales para el desarrollo de una práctica de laboratorio limite el aprendizaje cuando no se cuentan con los recursos adecuados. Por ejemplo, la observación de células se limita a la capacidad de un microscopio óptico, al tipo de muestras que se puedan recolectar. En el caso del ciclo celular, estas se limitan a ser observadas de manera estática. Además, las células animales o vegetales requieren estar en un estado concreto (Granados Barnéond & Ariano Sánchez, 2023).

Al comparar el uso del simulador de RV con otras estrategias, como las clases magistrales y los libros de texto, la experiencia de aprendizaje se vuelve integral. Esta accesibilidad es clave para asegurar que la tecnología pueda ser integrada de manera efectiva en diversas prácticas educativas sin causar frustración o dificultades técnicas. Estos hallazgos coincidieron con otros autores, en cuanto a que la tecnología de RV aplicada en la enseñanza supone una experiencia positiva en cuanto a motivación (Romero-Saritama et al., 2023), adquisición del conocimiento académico (Cabero-Almenara et al., 2022; Majewska & Vereen, 2023), y satisfacción en los estudiantes al volverlos protagonistas de sus propios procesos de aprendizaje. En este sentido, los alumnos toman un rol más activo (Tzung-Fang et al., 2023), pues estimulan su curiosidad e interacción entre pares (Moreno Ibañez & Rivarola, 2023). Estas experiencias de aprendizaje convierten al estudiante en promotor o productor de objetos de aprendizaje utilizando tecnologías de RV (Romero-Saritama et al., 2023).

Otro aspecto relevante de la aplicación del simulador es la personalización del aprendizaje. La RV ofrece experiencias inmersivas diseñadas para el aprendizaje en un entorno controlado. Esto permite que el docente proponga retos cognitivos que fortalezcan las habilidades individuales de cada estudiante. Dado que, en un grupo,

cada individuo aprende a su propio ritmo y conforme a sus necesidades particulares, este tipo de estrategias implementa métodos que responden a la diversidad en el aula independientemente de las capacidades que tenga cada uno de ellos. Sin embargo, para lograr lo anterior se requiere de un equipo técnico capaz de producir o adaptar materiales digitales para atender a las particularidades de un grupo de estudio (Chirinos Delfino, 2021).

Por otro lado, los problemas al utilizar el simulador pudieron ser por varias causas. Los mareos y náuseas son efectos secundarios comunes en experiencias de RV por la discrepancia entre el movimiento visual percibido y la falta de movimiento físico. Sobre las limitaciones del simulador, se podría considerar la inclusión de características más avanzadas, o mejoras en el diseño, de forma que sea más centrada en el usuario. Para diversificar estrategias pedagógicas en la enseñanza de la Biología, los participantes sugieren implementar actividades incluyendo tecnología de RV en el estudio de temáticas como macromoléculas (carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos), anatomía celular animal y vegetal. Sobre ácidos nucleicos en concreto, los estudiantes consideraron que se podrían implementar actividades como la identificación de anomalías genéticas y la extracción de ADN.

También, es importante considerar las limitaciones del estudio, pues la novedad de la tecnología pudo influir en las calificaciones positivas. No obstante, estos resultados sugieren que la RV puede enriquecer las experiencias educativas en ciencias biológicas. Futuros estudios podrían explorar mejoras en el simulador basadas en el *feedback* de los estudiantes o centrarse en la retención a largo plazo de la información aprendida mediante el simulador de RV. Estas investigaciones podrían optimizar el uso de tecnologías de RV en la enseñanza de la Biología, no solo para el estudio del ciclo celular, sino también para incluir otras áreas como la genética o la ecología, e incluso, ampliarla en la enseñanza de otras disciplinas.

## 5. Conclusiones

Integrar un simulador de RV en la enseñanza del ciclo celular favoreció la motivación y el interés de los estudiantes hacia los procesos de aprendizaje. La experiencia de los usuarios con el simulador indicó que el uso del simulador de RV sobre el ciclo celular mejoró la comprensión y la retención del proceso mitótico, además de ser una herramienta pedagógica útil para alcanzar las competencias de aprendizaje de la práctica de laboratorio de Biología.

Comparado con las estrategias tradicionales de enseñanza, como la observación microscópica, el uso de diagramas, clases magistrales o libros de texto, el simulador de RV proporcionó una experiencia de aprendizaje más interactiva e inmersiva. La visualización y la manipulación de modelos tridimensionales de células fue relevante

para la comprensión y la retención de conocimientos. En el caso de la innovación, la tecnología de RV puede tener percepciones positivas; para favorecer su eficiencia, las aplicaciones de RV en Biología deben seleccionarse de forma cuidadosa pensando en los objetivos o las competencias de aprendizaje. Los problemas de usabilidad del simulador deben abordarse para mejorar la tecnología, y la implementación de los simuladores de RV que garanticen una experiencia de usuario positiva.

## Agradecimientos

Se reconoce el aporte del *staff* de la Dirección de Tecnología Educativa de la Universidad Evangélica de El Salvador, en especial el Téc. Wilfredo Vásquez, quienes trabajaron en el diseño del simulador y capacitación del equipo docente, además del acompañamiento dado en la implementación de este. Los docentes del Departamento de Biología y Química de la Facultad de Medicina, Ing. René Martínez y M.Sc Carlos Palacios, quienes participaron de la validación e implementación del simulador de RV sobre Ciclo Celular, y en la recolección de datos. Al Mtro. Miguel Quintanilla y la MAE Mónica Martínez por la revisión y validación del instrumento. Finalmente, a los estudiantes de Biología General del Ciclo I-2024, por su participación voluntaria en el estudio.

## Referencias

- Becerra Romero, D. (2020). Realidad virtual inmersiva en el aula: Oculus Quest como recurso didáctico para el proceso de enseñanza-aprendizaje. En J. M. Canino Rodríguez, J. B. Alonso Hernández, S. T. Pérez Suárez, D. Sánchez Rodríguez, C. M. Travieso González, & A. G. Ravelo García (Coords.). *VII Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el ámbito de las TIC y las TAC: InnoEducaTIC 2020, Las Palmas de Gran Canaria, 19 y 20 de noviembre de 2020* (pp. 101-108). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Bustos-Mendoza, C., Andrade-Aréchiga, M., Acosta-Díaz, R., & García-Ruiz, M. Á. (2006). Panorama de la realidad virtual aplicada a la enseñanza de propiedades moleculares. *Educación Química*, 17(1), 114-120.  
<http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.1.66065>
- Cabero-Almenara, J., Valencia-Ortiz, R., & Llorente-Cejudo, C. (2022). Ecosistema de tecnologías emergentes: realidad aumentada, virtual y mixta. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, (23), 7-22.  
<https://doi.org/10.51302/tce.2022.1148>
- Chirinos Delfino, Y. (2021). La Realidad virtual como mediadora de aprendizajes. Desarrollo de una aplicación móvil de Realidad Virtual orientada a niños. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (30), e16. <https://doi.org/10.24215/18509959.30.e16>
- Cohen, N., & Gómez Rojas, G. (2019). *Metodología de la investigación ¿Para qué?: La producción de los datos y los diseños*. Editorial Teseo. [https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Metodologia\\_para\\_que.pdf](https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Metodologia_para_que.pdf)

---

Romero-Pleitez, R. A., & Canjura-Hernández, J. A. (2025). Uso de simuladores de realidad virtual para el aprendizaje del ciclo celular: una innovación para la enseñanza de la biología. *Transdigital*, 6(11), e408.  
<https://doi.org/10.56162/transdigital408>

- Creswell, J. W. (1994). *Diseño de investigación: Aproximaciones cualitativas, cuantitativas y mixtas*. SAGE Publications.
- Granados Barnéond, I. V., & Ariano Sánchez, D. (2023). Percepción de los estudiantes sobre el reemplazo del modelo animal por prácticas de realidad virtual en el curso de Fisiología Animal en la Universidad del Valle de Guatemala. *Revista de la Universidad del Valle* (45), 85-91. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/4992>
- Juca Maldonado, F., Lalangui Ramírez, J., & Bastidas Andrade, M. I. (2020). Rutas inmersivas de realidad virtual como alternativa tecnológica en el proceso educativo. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(1), 48-56.
- Majewska, A. A., & Vereen, E. (2023). Using Immersive Virtual Reality in an Online Biology Course. *Journal for STEM Education Research*, (6), 480-495.
- Marín Moya, I. (2019). *Realidad virtual e indagación: Una propuesta para la enseñanza de la Biología y Geología en 1º de ESO*. [Tesis de Maestría, Universidad de Granada, Granada]. <http://hdl.handle.net/10481/56433>
- Moreno Ibañez, G., & Rivarola, A. J. (2023). La realidad virtual, una opción para innovar en la enseñanza de la Biología. *Revista Boletín Biológica*, (49), 29-32. [https://drive.google.com/file/d/1xmojPscNpLWl3RZU2qW3x\\_ASqjbX8l6F/view](https://drive.google.com/file/d/1xmojPscNpLWl3RZU2qW3x_ASqjbX8l6F/view)
- Pumarica, P. A. (2022). *La realidad virtual como estrategia interactiva y de exploración en el aprendizaje de Biología Humana con estudiantes del sexto semestre de la Carrera Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Química y Biología, periodo mayo 2021 – octubre 2021*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9057>
- Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H., & Alt, F. (2022). What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. *Computers in Human Behavior*, 133(107289), 1-18.
- Romero-Saritama, J. M., Cabero Almenara, J., & Gallego Pérez, Ó. (2023). Realidad Aumentada como recurso didáctico para el aprendizaje de Biología: un estudio exploratorio desde la percepción de los estudiantes universitarios. *EduTec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (84), 52-69. <https://doi.org/10.21556/edutec.2023.84.2867>
- Tzung-Fang, C., Ying-Hsiang, C., Jar-Yuan, P., Chien-Ning, H., Henry, B., Allen, P., & Nai-Chi, Y. (2023). Using Virtual Reality Technology in Biology Education: Satisfaction & Learning Outcomes of High School Students. *The American Biology Teacher*, 85(1), 23-32. <https://doi.org/10.1525/abt.2023.85.1.23>
- Vásquez Carbonell, M. A., & Silva-Ortega, J. I. (2020). Tendencias y características de la realidad virtual. *CESTA*, 1(1), 36-70. <https://doi.org/10.17981/cesta.01.01.2020.04>
- Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991-2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>
- 
- Romero-Pleitez, R. A., & Canjura-Hernández, J. A. (2025). Uso de simuladores de realidad virtual para el aprendizaje del ciclo celular: una innovación para la enseñanza de la biología. *Transdigital*, 6(11), e408. <https://doi.org/10.56162/transdigital408>



# Transdigital<sup>®</sup>

editorial

La Editorial *Transdigital* publica libros de carácter científico y académico. Se pueden publicar tesis de posgrado, una vez sometidas al sistema de evaluación de pares de doble ciego. Servicios:

- Gestión del International Standard Book Number (ISBN), del Digital Object Identifier (DOI) y del código de barras.
- Diseño gráfico
- Servicio de corrección de estilo y redacción.
- Dictaminación de la revisión por pares en doble ciego hecha por miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México.
- Alojamiento permanente del libro en la editorial *Transdigital* ([www.editorial-transdigital.org](http://www.editorial-transdigital.org))
- Distribución gratuita en *Dialnet*, *Google Books*, *Google Play* y *SCRIBD*.
- Distribución a precio mínimo en *Amazon Kindle* (cuota que pagan los lectores de *Kindle*).

La editorial *Transdigital* está en el Registro en el Padrón Nacional de Editores como agente editor Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales, S. C., con el Dígito Identificador 978-607-99594. Además, está afiliada a la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana (CANIEM) con el número 4069, de conformidad con el artículo 17 de la Ley de Cámaras Empresariales y sus Confederaciones en vigor. Y está en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.



# Transdigital<sup>®</sup>

congreso virtual

El Congreso Virtual *Transdigital* se realiza anualmente de manera totalmente virtual ([www.congreso-transdigital.org](http://www.congreso-transdigital.org)). Este evento tiene el objetivo de reunir resultados parciales o finales de investigaciones empíricas, documentales o ensayos científicos sobre temas y desafíos que involucran a la tecnología y la transformación digital en sociedad.

Está dirigido a investigadores(as), docentes de todas las modalidades y niveles del sistema educativo, estudiantes de pregrado y posgrado, gestores(as) educativos(as), directivos(as) y demás profesionales interesados(as) en la investigación empírica y documental sobre el uso de la tecnología y la transformación digital en diversos ámbitos sociales, por ejemplo, la salud, el ocio, el turismo, las finanzas, la educación, el desarrollo comunitario, la industria, etcétera.

La inscripción por texto, con un máximo de tres autores(as) da el derecho de publicar la ponencia como capítulo de libro académico en la editorial *Transdigital*, una vez que ha sido admitida por el Comité Científico; además se otorgan certificados de ponencia y asistencia. Ese libro cuenta con International Standard Book Number (ISBN), Digital Object Identifier (DOI) y código de barras.

El Congreso Virtual *Transdigital* es una iniciativa que está inscrita en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.



# Transdigital<sup>®</sup>

revista científica

La revista científica *Transdigital* es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua, de manera que se reciben textos durante todo el año. Es editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Evalúa los textos con el sistema de pares de doble ciego. Se admiten Artículos de investigación y Ensayos científicos originales.

El proceso de publicación es expedito y, en promedio, los textos se publican tres meses después de que han sido recibidos. El Consejo científico y el Comité editorial se compone por distinguidas y distinguidos académicos de talla nacional e internacional. Cuenta con la Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102, International Standard Serial Number (ISSN) 2683-328X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Hasta ahora, está indizada en Latindex, Dialnet, ERIHPLUS, REDIB, EuroPub, LivRe, AURA, Academic Resource Index (ResearchBib), MIAR, OpenAire-Explore, Refseek, Sherpa Romeo, Elektronische Zeitschriftenbibliothek, ZDB Zeitschriften Datenbank, WorldCat, Dimensions, The University of Liverpool, Discovery, Erasmus University Rotterdam, Mir@bel, REBIUN, DARDO, UOCI, LatinRev, ROAD, Google Scholar, Crossref, Scite, Lens, Internet Archive, BASE, etc.

El costo de publicación puede ser consultado en: [www.revista-transdigital.org](http://www.revista-transdigital.org)