



Diseño y Usabilidad de una App para la enseñanza de las fases del ciclo celular

Design and Usability of an App for Teaching the Phases of the Cell Cycle

Autores

*Cynthia Carolina Mena Mena 

✉ cynthia.mena@unach.edu.ec

Anthony Miguel Castillo Duchi 

✉ anthony.castillo@unach.edu.ec

Jorge Eduardo Fernández Acevedo 

✉ anthony.castillo@unach.edu.ec

Cristhy Nataly Jiménez Granizo 

✉ cjimenez@unach.edu.ec

Universidad Nacional de Chimborazo,
Facultad de Ciencias de la Educación Humanas
y Tecnología, Riobamba, Chimborazo,
Ecuador.

*Autor para correspondencia

Comó citar el artículo:

Mena Mena, C.C., Castillo Duchi, A. M.,
Fernández Acevedo, J.E. & Jiménez Granizo,
C. N. (2025). Diseño y Usabilidad de una
App para la enseñanza de las fases del ciclo
celular. *Informática y Sistemas* 9(1), pp. 1-15.
<https://doi.org/10.33936/isrtic.v9i1.7014>

Enviado: 20/09/2024

Aceptado: 30/12/2024

Publicado: 02/01/2025

Resumen

En el contexto actual de la educación, las aplicaciones móviles han emergido como herramientas innovadoras que transforman la enseñanza y el aprendizaje. Esta investigación se centra en el diseño y la usabilidad de una aplicación móvil destinada a la enseñanza de las fases del ciclo celular mediante el uso de realidad aumentada (R.A). La hipótesis que guía este estudio plantea que una aplicación diseñada con un enfoque centrado en el usuario mejorará la comprensión y el interés de los estudiantes en temas complejos como el ciclo celular. Para alcanzar este objetivo, se implementó una metodología de enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos que incluyeron encuestas y pruebas de usabilidad. Los resultados indican que la aplicación es percibida positivamente por los estudiantes, lo que sugiere que el diseño centrado en el usuario es efectivo para facilitar el aprendizaje. Sin embargo, también se identificaron áreas de mejora que podrían optimizar aún más la experiencia del usuario.

Palabras clave: aplicaciones móviles, realidad aumentada, diseño centrado en el usuario, ciclo celular, usabilidad.

Abstract

In the current educational context, mobile applications have emerged as innovative tools that transform teaching and learning. This research focuses on the design and usability of a mobile application aimed at teaching the phases of the cell cycle through the use of augmented reality (A.R). The hypothesis guiding this study posits that an application designed with a user-centered approach will enhance students' understanding and interest in complex topics such as the cell cycle. To achieve this objective, a mixed-methods methodology was implemented, combining quantitative and qualitative methods, including surveys and usability tests. The results indicate that the application is positively perceived by students, suggesting that the user-centered design is effective in facilitating learning. However, areas for improvement were also identified, which could further optimize the user experience.

Keywords: mobile applications, augmented reality, user-centered design, cell cycle, usability.



1. Introducción

La integración de tecnologías emergentes, como la realidad aumentada (RA), en el ámbito educativo ha demostrado ser una herramienta poderosa para mejorar el proceso de aprendizaje. En particular, la enseñanza de conceptos complejos en ciencias, como las fases del ciclo celular, puede beneficiarse enormemente de estas innovaciones tecnológicas. Diversos estudios han señalado que la RA no solo facilita la comprensión de conceptos abstractos, sino que también fomenta un aprendizaje más interactivo y autónomo. La combinación de visualizaciones tridimensionales y la interacción directa con los contenidos, características esenciales de las aplicaciones educativas basadas en RA, proporciona una experiencia de aprendizaje inmersiva que mejora la retención y comprensión de los estudiantes (López et al., 2022; Martínez & Torres, 2021).

Un aspecto clave para el éxito de estas herramientas tecnológicas es el diseño centrado en el usuario. Este enfoque busca crear aplicaciones intuitivas y fáciles de usar, lo que mejora la accesibilidad y reduce la carga cognitiva de los estudiantes (García et al., 2019; Nielsen, 1994). La usabilidad se convierte en un factor crucial cuando se trata de aplicaciones móviles educativas, ya que un diseño adecuado puede hacer que los estudiantes se concentren más en el contenido y menos en los problemas de navegación (Benyon, 2005; Nielsen, 1994). Según Fernández y Gómez (2021), las herramientas digitales interactivas permiten a los estudiantes asumir un rol más activo en su aprendizaje, favoreciendo la motivación y el aprendizaje autónomo.

La presente investigación se centra en evaluar la usabilidad y efectividad de una aplicación móvil diseñada para enseñar las fases del ciclo celular mediante realidad aumentada. A través de un cuestionario y una hoja de registro aplicados a estudiantes de tercer semestre de la carrera de Pedagogía en Ciencias Experimentales Informática, se busca comprender cómo la integración de RA en el aula impacta en la motivación, comprensión y retención de los conceptos biológicos.

Los resultados obtenidos no solo permitirán evaluar la efectividad de esta herramienta en particular, sino que también aportarán recomendaciones sobre el diseño de futuras aplicaciones educativas basadas en RA, con el fin de optimizar su uso en la enseñanza de ciencias.

Este estudio se complementa con la literatura existente sobre el impacto de la RA en la educación. Investigaciones previas destacan la capacidad de la RA para facilitar la visualización de conceptos abstractos y mejorar la participación de los estudiantes en actividades de aprendizaje activo (López et al., 2022; Martínez & Torres, 2021). Además, el enfoque en el diseño centrado en el usuario y la usabilidad es esencial

para garantizar que las aplicaciones sean efectivas y fáciles de utilizar, lo que refuerza la importancia de crear experiencias educativas que no solo sean tecnológicamente avanzadas, sino también accesibles y eficaces para los estudiantes.

1.1 Antecedentes

El diseño y la usabilidad de una aplicación educativa centrada en la enseñanza de las fases del ciclo celular requieren una revisión de antecedentes sobre proyectos que han empleado tecnología educativa, particularmente aplicaciones de realidad aumentada, para facilitar la comprensión de temas complejos de biología. Según López et al. (2022), “el aprendizaje con herramientas tecnológicas de realidad aumentada potencia la comprensión de conceptos abstractos, como los relativos a la biología celular” (p. 44). De manera similar, Fernández y Gómez (2021) subrayan que las herramientas digitales con elementos interactivos mejoran la autonomía al permitir a los estudiantes explorar conceptos a su propio ritmo y recibir retroalimentación inmediata.

Por otra parte, Ramírez et al. (2022) afirman que “las aplicaciones educativas motivan a los estudiantes al combinar contenidos académicos con actividades dinámicas, creando un entorno más atractivo y efectivo para el aprendizaje” (p. 89). Este enfoque, además de ser innovador, permite una experiencia inmersiva que resulta esencial para captar la atención en temas que requieren visualización detallada, como el ciclo celular. En este sentido, la combinación de tecnología interactiva, realidad aumentada y diseño educativo adecuado ofrece una oportunidad significativa para transformar la enseñanza de conceptos biológicos complejos, facilitando su aprendizaje de manera más accesible y efectiva.

Proyectos como Cell-Ed y Cytowalk, que destacan en el ámbito educativo por su énfasis en la enseñanza interactiva de la biología celular. Cell-Ed, por ejemplo, combina actividades didácticas con simulaciones tridimensionales, mientras que Cytowalk emplea recorridos visuales que permiten explorar la estructura celular desde una perspectiva microscópica.

Estas aplicaciones no están específicamente diseñadas para abordar las fases del ciclo celular en profundidad ni para satisfacer las necesidades específicas de los adolescentes.

Aunque estos proyectos evidencian el potencial de la tecnología, “aún existe una brecha en aplicaciones específicas que cubran en profundidad las fases del ciclo celular con un enfoque centrado en adolescentes” (Martínez y Torres, 2021, p. 67).

Además, investigaciones más recientes, como las de Jiménez y Castro (2023), han destacado que el desarrollo de contenido adaptado a contextos educativos específicos es clave para maximizar la efectividad de estas herramientas.

La propuesta Diseño y Usabilidad de una App para la Enseñanza de las Fases del Ciclo Celular se diferencia al integrar un enfoque pedagógico adaptado a adolescentes de 14 a 15 años. Esta app se centra en representar de manera interactiva y accesible las etapas del ciclo celular, combinando visualizaciones tridimensionales detalladas con ejercicios personalizados que promueven la autonomía en el aprendizaje.

El crecimiento en el uso de aplicaciones de realidad aumentada también plantea desafíos. La literatura señala limitaciones en la personalización y adaptabilidad de estas herramientas a diversas edades y niveles de comprensión. En este contexto, un Diseño Centrado en el Usuario (U.C.D) es crucial para que los estudiantes puedan navegar intuitivamente por la aplicación sin requerir instrucciones complejas (Sánchez, 2020, p. 51). Investigaciones de García et al. (2019) demuestran que “los estudiantes en edades tempranas de la adolescencia responden favorablemente a entornos visuales interactivos que simplifican conceptos complicados” (p. 38), reforzando la necesidad de interfaces accesibles y adaptadas.

En línea con esta perspectiva, un estudio reciente de Rivera et al. (2022) enfatiza que las aplicaciones con elementos interactivos, como simulaciones dinámicas y retroalimentación inmediata, mejoran significativamente la retención de conocimientos. De manera similar, Torres y Pérez (2023) destacan que la integración de tecnologías como la realidad aumentada permite a los estudiantes experimentar los procesos celulares de forma inmersiva, lo que resulta particularmente útil para abordar temas abstractos. Estas investigaciones subrayan la importancia de desarrollar una herramienta como la propuesta, que combina diseño intuitivo, contenido especializado y un enfoque inmersivo adaptado a adolescentes.

1.2 Principios Pedagógicos en el Diseño de Aplicaciones

El diseño de aplicaciones educativas debe fundamentarse en principios pedagógicos que promuevan un aprendizaje accesible y efectivo, facilitando el procesamiento de información y la retención de conocimientos. Entre estos principios, destaca la teoría de la carga cognitiva, la cual establece que el aprendizaje se optimiza cuando la carga mental es adecuada a los recursos y herramientas presentados (Sweller, 1988). Esto se logra mediante interfaces intuitivas y organizadas que permiten a los estudiantes enfocarse en el contenido esencial sin distracciones o sobrecarga de información. En una aplicación de realidad aumentada orientada a la enseñanza de las fases del ciclo celular, estos principios resultan fundamentales para que los estudiantes comprendan los conceptos complejos de forma efectiva y significativa.

En palabras de Mendoza y Ruiz (2018), “la incorporación de tecnologías móviles en la educación de ciencias incrementa el rendimiento en al menos un 20% en estudiantes de nivel secundario” (p. 142). Estudios más recientes, como el de Torres y Álvarez (2021), indican que el uso de herramientas digitales interactivas puede incrementar la motivación y el compromiso de los estudiantes en un 35%, especialmente en temas abstractos como los relacionados con la biología

celular. Igualmente, Ramírez et al. (2022) subrayan que “las aplicaciones educativas de realidad aumentada no solo mejoran el aprendizaje de conceptos teóricos, sino que también desarrollan habilidades prácticas mediante la simulación de procesos complejos” (p. 87).

A pesar de estos avances, persiste la necesidad de desarrollar herramientas que vayan más allá del aprendizaje teórico, ofreciendo a los adolescentes una interacción más directa y visual con procesos biológicos fundamentales, como el ciclo celular. Este enfoque, como lo sugiere Morales y Castro (2023), es clave para abordar el desinterés que algunos estudiantes muestran hacia las ciencias, ya que permite experimentar los procesos en un entorno visual e interactivo que facilita la comprensión.

1.3 Diseño Centrado en el Usuario (DCU)

El enfoque centrado en el usuario (DCU), otro principio clave, potencia la accesibilidad y el aprendizaje personalizado, permitiendo adaptar el diseño de la aplicación a las necesidades específicas de los estudiantes. Moreno y Mayer (2007) subrayan la importancia de presentar el contenido educativo de una manera que facilite la comprensión, sobre todo en áreas científicas complejas como la biología celular. Según Benyon (2005), el DCU requiere una comprensión profunda de los usuarios y su contexto, lo que permite crear interfaces que respondan directamente a las habilidades y características cognitivas de los estudiantes, fomentando un aprendizaje más efectivo y accesible.

Recientes investigaciones, como las de Pérez y Ramírez (2021), refuerzan este enfoque al destacar que “el diseño de aplicaciones centradas en el usuario no solo mejora la usabilidad, sino que también fomenta la retención de conocimientos en un 40% más que las herramientas educativas convencionales” (p. 56). De manera similar, López y García (2023) señalan que la inclusión de elementos personalizables en aplicaciones educativas permite atender las diversas necesidades cognitivas y estilos de aprendizaje, aumentando la efectividad de las estrategias pedagógicas digitales.

1.4 Usabilidad

La usabilidad y los elementos de diseño gráfico, como el uso adecuado de color, tipografía y iconografía también juegan un papel central en estos principios pedagógicos, ya que contribuyen a que la interacción con la aplicación sea fluida y motivadora. En esta línea, Nielsen (1994) señala que las pruebas de usabilidad con usuarios reales son esenciales para identificar y corregir problemas antes de la implementación final, asegurando que el producto cumpla con sus objetivos educativos.

Estudios recientes de González et al. (2020) destacan que “los usuarios prefieren aplicaciones educativas con interfaces limpias y minimalistas, donde el diseño gráfico apoya la comprensión sin generar distracciones visuales” (p. 45). Por otro lado, investigaciones de Sánchez y Torres (2022) identifican que la combinación de colores contrastantes y tipografías legibles en pantallas móviles mejora significativamente la accesibilidad,



especialmente en estudiantes con dificultades visuales o de aprendizaje. Lidwell (2010) y Bringhurst (2002) ya habían señalado estas premisas, pero trabajos recientes como el de Hernández y Ramírez (2024) reafirman que la personalización de los elementos gráficos puede incrementar hasta en un 30% la motivación del usuario. Las aplicaciones educativas modernas deben integrar principios de carga cognitiva, diseño centrado en el usuario y usabilidad para maximizar su efectividad. La literatura reciente destaca que estos enfoques no solo mejoran la interacción, sino que también potencian el aprendizaje autónomo y significativo, elementos clave en la enseñanza de temas complejos como el ciclo celular.

2. Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), ubicada en la ciudad de Riobamba, Ecuador. Este estudio tuvo una duración de tres meses, durante los cuales se implementaron y evaluaron aspectos de usabilidad de una aplicación de Realidad Aumentada (RA) diseñada específicamente para la enseñanza de las fases del ciclo celular en estudiantes universitarios. La población estuvo compuesta por 123 estudiantes de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales, mención Informática, de los cuales se seleccionó una muestra intencional de 21 estudiantes de tercer semestre. *(El tamaño de la muestra se justificó bajo criterios prácticos y metodológicos. Dado que el estudio implicaba sesiones supervisadas individuales para evaluar la interacción con la aplicación)*, se optó por un grupo manejable que permitiera un análisis en profundidad y la recolección de datos cualitativos y cuantitativos sin comprometer la calidad del proceso.

Los estudiantes de tercer semestre fueron seleccionados porque poseían un nivel intermedio de conocimientos en informática y pedagogía, lo cual les permitió interactuar adecuadamente con la tecnología empleada y proporcionar retroalimentación relevante.

2.1 Validación de los instrumentos

Los instrumentos utilizados incluyeron encuestas estructuradas y pruebas de usabilidad, validados previamente mediante un proceso en dos fases. En primer lugar, se realizó una revisión por expertos en tecnología educativa y diseño de interfaces, quienes evaluaron la pertinencia, claridad y coherencia de las preguntas en relación con los objetivos de la investigación. Posteriormente, se llevó a cabo un piloto con cinco estudiantes externos a la muestra principal, lo que permitió identificar y corregir posibles ambigüedades o dificultades en la interpretación de los ítems.

Este procedimiento aseguró que los instrumentos fueran confiables y válidos para recolectar datos relevantes sobre la experiencia del usuario y la efectividad de la aplicación.

2.2 Diseño de encuestas y pruebas de usabilidad

Las encuestas fueron diseñadas con una combinación de preguntas cerradas, utilizando escalas de Likert para medir dimensiones como la accesibilidad, facilidad de uso y satisfacción general, y preguntas abiertas para capturar observaciones cualitativas y recomendaciones de los participantes. Por su parte, las pruebas de usabilidad incluyeron tareas específicas que los estudiantes debían realizar con la aplicación, como identificar fases del ciclo celular mediante interacciones con modelos 3D o acceder a información detallada desde los menús. Estas tareas permitieron evaluar tanto el rendimiento como la percepción subjetiva de la utilidad y funcionalidad de la aplicación.

2.3 Influencia del diseño centrado en el usuario

Este enfoque permitió adaptar la interfaz a las necesidades y características cognitivas de los estudiantes, con elementos como botones grandes, una navegación intuitiva y un diseño visual atractivo pero minimalista. Además, la posibilidad de personalizar ciertos aspectos de la aplicación, como el idioma y el nivel de detalle en las explicaciones, contribuyó a que los usuarios percibieran la herramienta como accesible y adaptada a sus necesidades educativas.

2.4 Aspectos más efectivos para facilitar el aprendizaje

Los participantes identificaron varios aspectos de la aplicación como especialmente efectivos para facilitar el aprendizaje. Entre ellos, destacaron la visualización interactiva en 3D de las fases del ciclo celular, que permitió comprender procesos complejos mediante representaciones dinámicas e inmersivas. Asimismo, la integración de cuestionarios en tiempo real después de cada módulo reforzó el aprendizaje al permitirles aplicar los conceptos adquiridos de manera inmediata. El diseño gráfico, con colores contrastantes y tipografías legibles, fue considerado un elemento que facilitó la concentración y redujo la sobrecarga cognitiva, mejorando la experiencia general del usuario.

2.5 Fases de desarrollo

El desarrollo de la aplicación móvil para el aprendizaje de las fases del ciclo celular mediante realidad aumentada se basó en una metodología de diseño centrada en el usuario (User-Centered Design, UCD), dividiéndose en cuatro fases técnicas:

2.5.1 Fase de investigación:

Se realizaron encuestas y hojas de registro de actividades supervisadas a estudiantes universitarios para identificar sus necesidades y obstáculos en el aprendizaje del ciclo celular, adoptando los principios de usabilidad descritos por Nielsen (1994), que destacan la importancia de comprender el contexto y las expectativas de los usuarios para asegurar una experiencia óptima. Esta fase permitió recoger datos cualitativos y cuantitativos, los cuales guiaron el diseño de una aplicación que se adapta al perfil cognitivo del usuario objetivo.



2.5.2 Fase de diseño y desarrollo:

Se elaboraron prototipos detallados de la interfaz, incluyendo mapas de navegación, wireframes, y se definieron los elementos interactivos basados en principios de accesibilidad y carga cognitiva. Estos principios son fundamentales para evitar la sobrecarga de información y mejorar la experiencia del usuario, tal como se destaca en investigaciones recientes (Sweller et al., 2021). Utilizando Blender, se diseñaron modelos 3D de las fases del ciclo celular, asegurando precisión científica y atractivo visual, elementos clave para facilitar la comprensión de conceptos abstractos en biología (Fernández et al., 2022). Unity se empleó como plataforma para integrar estos modelos en un entorno de realidad aumentada, permitiendo que los estudiantes interactuaran con representaciones tridimensionales inmersivas. Los íconos seleccionados de FlatIcon fueron utilizados estratégicamente para representar funciones principales, siguiendo las recomendaciones recientes sobre diseño visual para entornos educativos. Según García y López (2023), “la iconografía adecuada no solo mejora la navegación, sino que también reduce significativamente la carga cognitiva en aplicaciones educativas” (p. 78). Este enfoque asegura que la interfaz sea intuitiva y funcional, permitiendo a los estudiantes concentrarse en el contenido educativo.

Unity, como motor principal, permitió desarrollar las interacciones de realidad aumentada y optimizar el rendimiento para dispositivos móviles, tal como lo recomienda el estándar actual para aplicaciones educativas (Pérez et al., 2021). Los modelos 3D fueron programados para reaccionar dinámicamente a los gestos del usuario, lo que facilita un aprendizaje activo y exploratorio (Benyon, 2020). La programación incluyó ajustes detallados en texturas, iluminación y animación de los modelos, garantizando un rendimiento óptimo y una experiencia visual fluida.

De acuerdo con las recomendaciones de Preece y Rogers (2023), “la optimización de gráficos y animaciones en dispositivos móviles es crucial para mantener una interacción estable y reducir frustraciones en los usuarios” (p. 134). Estas mejoras permitieron asegurar la estabilidad del sistema incluso en entornos de baja capacidad de procesamiento.

2.5.3 Fase de evaluación

Se realizaron pruebas de usabilidad con una muestra representativa de estudiantes universitarios, evaluando la efectividad de la aplicación a través de métricas como el tiempo de interacción, la facilidad de uso y la satisfacción del usuario. Según Díaz y Martín (2022), “la evaluación mediante métricas específicas proporciona datos objetivos y subjetivos esenciales para mejorar aplicaciones educativas basadas en tecnologías emergentes” (p. 45). El feedback recopilado permitió identificar áreas de mejora tanto en la interfaz como en las funcionalidades interactivas. Por ejemplo, se ajustaron elementos como la navegación entre secciones y la precisión de los modelos en realidad aumentada.

Estas modificaciones aseguraron que el diseño respondiera adecuadamente a las necesidades de aprendizaje de los usuarios, cumpliendo con los objetivos educativos establecidos.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados

3.1.1 Análisis de resultados de la fase de investigación.

En la presente sección de resultados, se exponen los hallazgos obtenidos a partir de la aplicación del cuestionario y la hoja de registro a los estudiantes de tercer semestre de la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Informática. Este análisis se centra en la percepción de usabilidad y efectividad de la aplicación móvil diseñada para enseñar las fases del ciclo celular mediante realidad aumentada (RA). A continuación, se presenta un análisis de los resultados obtenidos, complementado con una comparación frente a la literatura previa sobre el uso de la RA en contextos educativos, se los agrupado de la siguiente forma, Tabla 1 (Interpretación de los resultados obtenidos por la encuesta) y Tabla 2 (*Hoja de Registro de actividades supervisadas*):

3.1.1.1 Análisis de Usabilidad según la Encuesta (Tabla 1)

Tabla 1. Interpretación de los resultados obtenidos por la encuesta

Fuente: Los autores.

Preguntas	Si (%)	No (%)	Descripción / Valor	Interpretación
1. Las letras de los títulos y botones son legibles y claras	100%	0%	N/A	La totalidad de los usuarios encuen- tra los textos y botones legibles, lo que indica una buena elección de tipografía, tamaño y contraste, cumplien- do con estándares de accesibilidad y usabilidad.
2. La página web identifi- ca a la apli- cación móvil educativa	100%	0%	N/A	Los usuarios iden- tifican claramente la relación entre la página web y la aplicación móvil, lo que sugiere coheren- cia en el branding y diseño visual entre las dos plataformas.
3. El conteni- do mostrado en la apli- cación móvil le parece interesante	100%	0%	N/A	El contenido cumple con las expectativas de los usuarios, lo que demuestra una adecuada selección y presentación de los temas que atraen y mantienen el interés de los usuarios.



Preguntas	Si (%)	No (%)	Descripción / Valor	Interpretación
4. Describa el tamaño del texto	N/A	N/A	Tamaño percibido como adecuado	Todos los usuarios consideraron que el tamaño del texto es adecuado, lo que sugiere que el diseño tipográfico satisface las necesidades de legibilidad y accesibilidad de la mayoría de los usuarios.
5. La aplicación es fácil de utilizar	100%	0%	N/A	Los usuarios encuentran la aplicación fácil de usar, lo que sugiere que el diseño es intuitivo y permite una navegación eficiente, cumpliendo con los principios básicos de usabilidad.
6. La paleta de colores de la pantalla es apropiada	100%	0%	N/A	La paleta de colores es percibida como agradable y adecuada, lo que mejora la experiencia visual y contribuye a la comodidad en la interacción con la aplicación.
7. La aplicación se carga correctamente	100%	0%	N/A	No se reportan problemas de carga, lo que sugiere un buen rendimiento técnico, optimización de recursos y tiempos de respuesta adecuados para evitar la frustración de los usuarios.
8. Al navegar por la aplicación se identifica claramente la sección u opción	100%	0%	N/A	Los usuarios pueden identificar fácilmente las secciones de la aplicación, lo que indica una organización clara de la información y una arquitectura de navegación eficiente.

Preguntas	Si (%)	No (%)	Descripción / Valor	Interpretación
9. El contenido de la aplicación le parece fiable y flexible	100%	0%	N/A	El contenido es percibido como confiable y flexible, lo que refuerza la credibilidad de la aplicación y su capacidad de adaptarse a las necesidades y expectativas de los usuarios.
10. Los efectos visuales añaden funcionalidad o información del sitio	100%	0%	N/A	Los efectos visuales no solo son decorativos, sino que cumplen una función específica dentro de la aplicación, mejorando la interacción o la comprensión del contenido, lo que contribuye a una mejor experiencia de usuario.

Nota: Datos obtenidos de la hoja de registro de las actividades supervisadas

La **Tabla 1** sintetiza los resultados obtenidos en la encuesta aplicada a los estudiantes.

Destaca que el 100% de los participantes consideró que los textos y botones son legibles, lo que refleja una adecuada elección tipográfica y de contraste, alineada con estándares de accesibilidad.

Además, el contenido de la aplicación fue calificado como interesante, lo que asegura su capacidad para captar la atención y mantener el interés de los usuarios.

Otro hallazgo relevante es la facilidad de uso percibida, también evaluada positivamente por el total de los usuarios. Esto está en concordancia con los principios de usabilidad propuestos por Nielsen (1994), que subrayan la importancia de una navegación eficiente y sin fricciones en la experiencia del usuario.

Adicionalmente, la percepción favorable de la paleta de colores y de los efectos visuales confirma que estos elementos no solo son decorativos, sino funcionales, contribuyendo a la interacción y comprensión del contenido.

La **Tabla 2** refleja un registro detallado de las interacciones de los usuarios con la aplicación.

3.1.1.2 Desempeño Observado en la Hoja de Registro (Tabla 2)

Tabla 2. Hoja de Registro de actividades supervisadas.

Fuente: Los autores.

Tarea		Hora		Éxi- to	Observación
		Inicio	Fin		
1.	Búsqueda y navegación a través de las selecciones de la aplicación	6:28	6:30	X	Colocar en el cubo, el nombre de la aplicación.
2.	Búsqueda de información específica	6:30	6:31	X	Mejorar el icono del tutorial que no se entiende que es.
3.	Interacción con modelos 3D	6:31	6:32	X	Intuitivo
4.	Interacción con la galería.	6:32	6:32	X	Introducir un juego en el que se evalúe el aprendizaje.
5.	Ayuda a acceso y soporte	6:32	6:33	X	La búsqueda del acceso y soporte es intuitiva
6.	Evaluar de la experiencia general	6:35	6:39	X	N/A
7.	Navegar por el menú de opciones de las fases del ciclo celular.	6:39	6:45	X	N/A

Las tareas relacionadas con la búsqueda y navegación, así como la interacción con los modelos tridimensionales, fueron completadas exitosamente y calificadas como intuitivas. Sin embargo, se identificaron áreas de mejora, como la necesidad de clarificar el icono del tutorial, lo que podría evitar confusiones y optimizar la experiencia de los usuarios nuevos.

En cuanto a la tarea de interacción con la galería, se destacó la sugerencia de integrar un juego educativo que evalúe el aprendizaje de las fases del ciclo celular. Este elemento no solo aumentaría el compromiso del usuario, sino que también añadiría un componente de retroalimentación dinámica, potenciando el aprendizaje activo.

3.1.2 Análisis de resultados de la fase de Diseño y Desarrollo

3.1.2.1 Mapeo de Navegación

Se comenzó con la creación de un mapa de navegación como se ve en el gráfico 1, una representación gráfica del flujo de interacción entre las diferentes pantallas de la aplicación. Este paso permitió visualizar la jerarquía de la información y garantizar una organización clara. Cada pantalla fue conectada de manera lógica, identificando los puntos de entrada y salida para asegurar que el usuario pudiera navegar intuitivamente por el contenido. Este enfoque minimizó la complejidad del diseño y estableció una base sólida para el desarrollo de la interfaz.

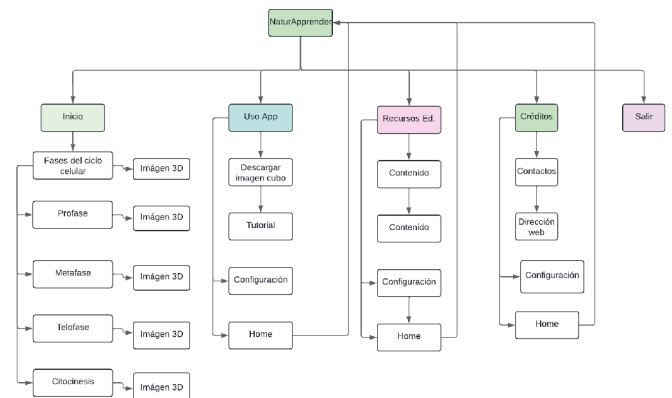


Gráfico 1. Mapa de navegación

Fuente: Los autores

Nota: Aquí se puede observar el flujo de navegación que tendrá la App.

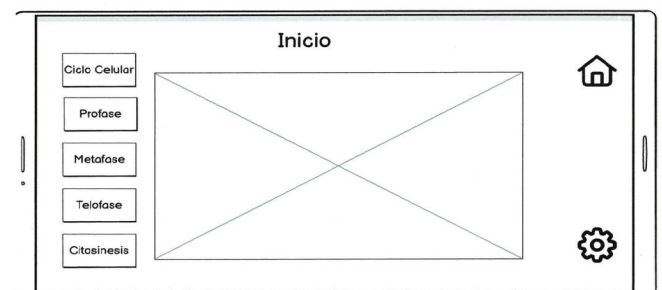
Gráfico 2. Wireframes realizados en Balsamiq

Fuente: Los autores

Nota: Bocetos iniciales de la estructura de la app

3.1.2.2 Creación de Wireframes

Utilizando recursos digitales como Balsamiq, se diseñaron wireframes (gráfico 2) que sirvieron como bocetos detallados para cada pantalla. Estos bocetos incluyeron la ubicación de elementos interactivos como botones, menús, áreas de contenido e íconos. Los wireframes se enfocaron en el diseño funcional,



optimizando la disposición de los elementos para facilitar la navegación y evitar la sobrecarga cognitiva. En esta etapa, se realizaron ajustes para alinear el diseño con los objetivos educativos del proyecto, asegurando una estructura coherente.

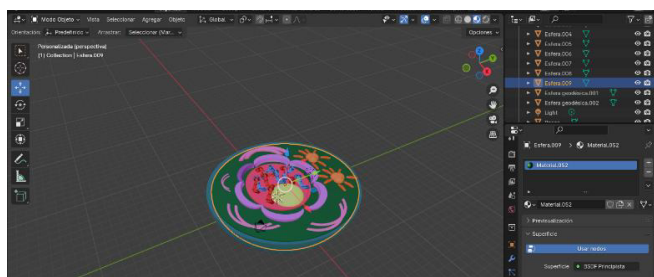


Gráfico 3. Modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender Objeto 1.

Fuente: Los autores
Nota: Modelo 3D Célula

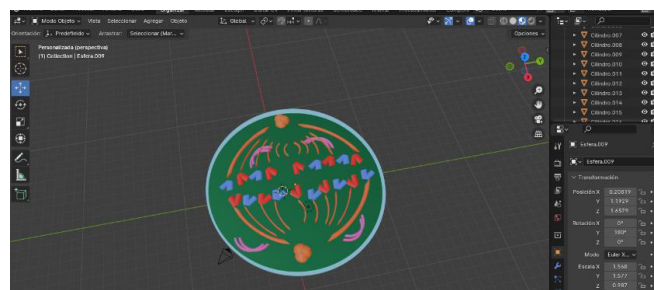


Gráfico 6. Modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender Objeto 4.

Fuente: Los autores
Nota: Modelo 3D Anafase.

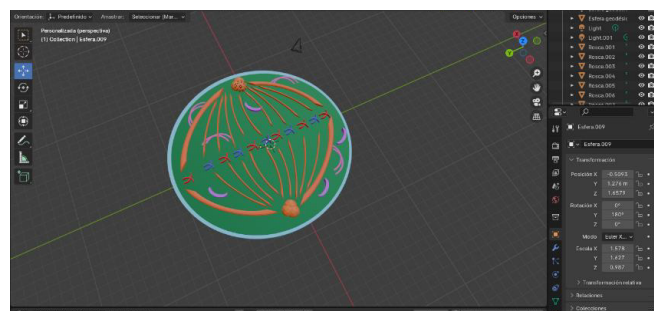


Gráfico 4. Modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender Objeto 2.

Fuente: Los autores
Nota: Modelo 3D Metafase.

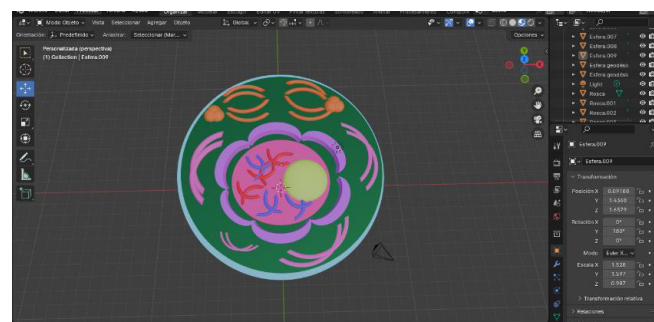


Gráfico 7. Modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender Objeto 5.

Fuente: Los autores

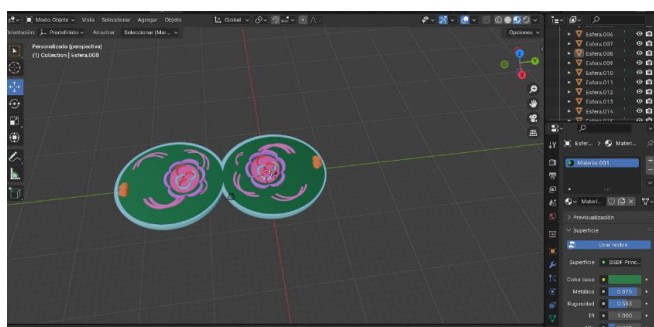


Gráfico 5. Modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender Objeto 3.

Fuente: Los autores
Nota: Modelo 3D Telofase.

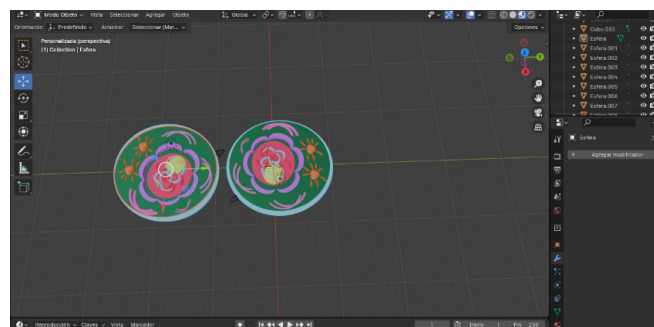


Gráfico 8. Modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender Objeto 6.

Fuente: Los autores
Nota: Modelo 3D Interfase.

3.1.2.3 Diseño de Modelos 3D en Blender

Para enriquecer el contenido educativo, se desarrollaron modelos tridimensionales que representaron las fases del ciclo celular (gráfico 3-9). Blender fue la herramienta seleccionada por su capacidad de crear modelos precisos y visualmente atractivos. Cada modelo fue diseñado teniendo en cuenta la precisión científica, siguiendo referencias biológicas actualizadas, y optimizado para garantizar su integración

fluida en el entorno de realidad aumentada. Estos modelos fueron pensados para fomentar un aprendizaje interactivo y atractivo. El primer modelo (Gráfico 3) muestra la célula en su estado inicial, representando su estructura general, incluidos los orgánulos principales y el núcleo, como punto de partida del ciclo celular. En la interfase (Gráfico 8), se destacó el núcleo con el material genético relajado, preparado para la replicación del ADN, capturando el estado de preparación previo a la división. La profase (Gráfico 7) fue modelada con cromosomas condensados

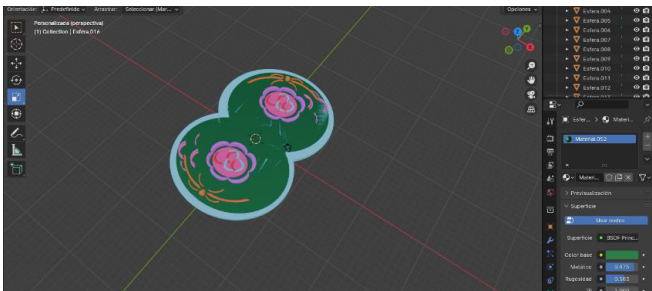


Gráfico 9. Modelado y renderizado de elementos en 3D con Blender Objeto 7.

Fuente: Los autores

Nota: Modelo 3D Citocinesis.

visibles en el núcleo y la formación inicial del huso mitótico, reflejando los cambios estructurales característicos de esta etapa.

El modelo de la metafase (Gráfico 4) presenta los cromosomas alineados en el plano ecuatorial de la célula, sostenidos por los microtúbulos del huso mitótico, subrayando la organización y simetría de esta fase crítica. La anafase (Gráfico 6) se diseñó para mostrar el movimiento dinámico de los cromosomas hacia los polos opuestos de la célula, resaltando la separación cromosómica.

En la telofase (Gráfico 5), se representan los nuevos núcleos formándose alrededor de los cromosomas segregados, marcando el fin de la división nuclear. Finalmente, el modelo de la citocinesis (Gráfico 9) captura el proceso de separación de las dos células hijas mediante el estrechamiento del anillo

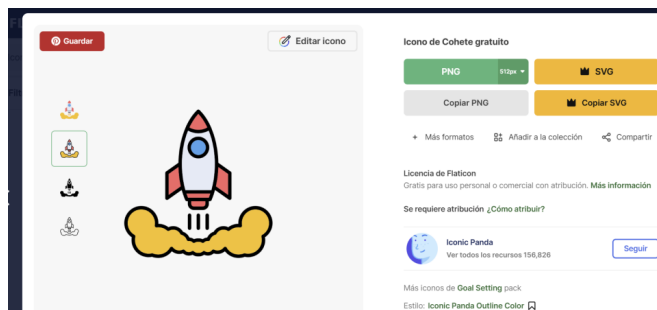


Gráfico 10. Iconos del sitio web FlatIcon

Fuente: Los autores

Nota: Icono para el botón de inicio.

de actina en la membrana celular, concluyendo el ciclo celular.

3.1.2.4 Selección de Iconografía y Elementos Gráficos

Se seleccionaron íconos de FlatIcon (Gráfico 10) para representar funciones principales como “Inicio”, “Tutorial”, “Recursos Ed.” y “Créditos”. La elección de estos íconos siguió principios de accesibilidad y diseño visual, garantizando que fueran intuitivos y fácilmente reconocibles. Estos elementos gráficos se integraron en la interfaz junto con colores seleccionados estratégicamente para mejorar la experiencia visual y alinearse con los principios de diseño educativo mencionados por García y López (2023).

3.1.2.5 Desarrollo en Unity

Los modelos 3D y el diseño de la interfaz fueron integrados en un entorno interactivo de realidad aumentada utilizando Unity (Gráfico 11). Este motor permitió conectar las pantallas creadas en los wireframes con funcionalidades específicas, como la interacción con gestos y la visualización de modelos tridimensionales. Se utilizó Visual Studio Code (Gráfico 12) para programar la lógica detrás de cada interacción, asegurando que los botones y gestos activaran correctamente las funciones previstas.

3.1.2.6 Optimización y Pruebas Técnicas

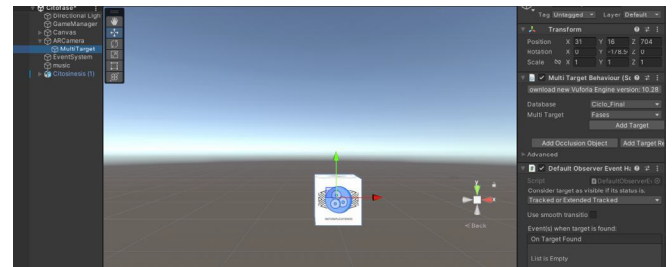


Gráfico 11. Elaboración de la experiencia de R-A y forma de la app en Unity

Fuente: Los autores

Nota: Se puede observar el cubo que permitirá la interacción de objetos mediante Vuforia

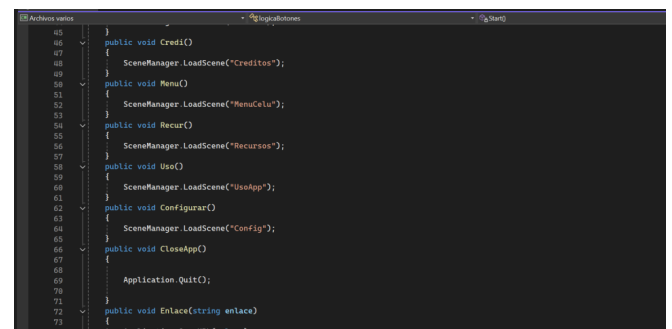


Gráfico 12. Lógica de programación para la interacción de botones

Fuente: Los autores

Nota: Codificación para la conexión de los botones que interviene en el programa.

realizaron ajustes en texturas, iluminación y animaciones para garantizar que la experiencia visual fuera fluida en dispositivos móviles. También se llevaron a cabo pruebas en diferentes modelos de dispositivos para evaluar la estabilidad del sistema, especialmente en entornos con recursos limitados. Este paso incluyó la implementación de elementos de optimización gráfica recomendados por Preece y Rogers (2023), para reducir la frustración del usuario y mejorar la usabilidad ver anexo B.

3.1.2.7 Integración con elemento físico

Para la integración de objetos tridimensionales en el entorno de desarrollo Unity, resulta indispensable el uso de una API como Vuforia, que permite establecer una conexión eficiente entre

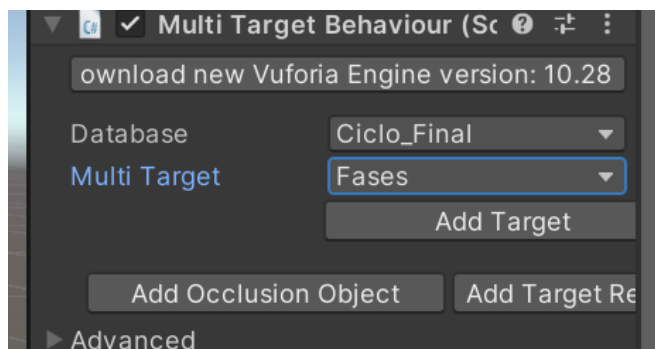


Gráfico 13. Integración de la Base de Datos de Vuforia en Unity
Fuente: Los autores

Nota: Se integra la Base de Datos de Vuforia para que se implemente la experiencia de Realidad Aumentada.

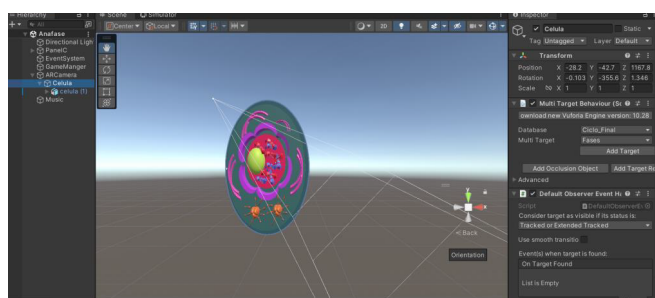


Gráfico 14. Integración de los objetos en 3D a el ambiente de programación Unity.

Fuente: Los autores

Nota: Se integra los objetos en 3D con la interacción de Realidad Aumentada mediante Vuforia en el ambiente de desarrollo Unity

Unity y los modelos 3D diseñados previamente en Blender. Esta integración garantiza que los usuarios puedan interactuar con los objetos en un entorno de Realidad Aumentada (RA), creando experiencias inmersivas y dinámicas. En el Gráfico 13 se ilustra el proceso de conexión de la base de datos con Vuforia, que actúa como intermediario para vincular los objetos tridimensionales con el motor de desarrollo. Además, para la creación de escenarios que permitan visualizar cada una de las fases del ciclo celular representadas, es fundamental configurar la base de datos de Vuforia, utilizando elementos como el marcador tipo “cubo”, para asociar cada objeto modelado en 3D con los elementos programados en Unity. Este proceso, como se muestra en el Gráfico 14, facilita la integración de los objetos tridimensionales en el entorno de desarrollo, garantizando la interacción fluida y precisa con las funcionalidades de Realidad Aumentada.

3.1.3 Análisis de resultados de la fase de Evaluación

Los resultados muestran que el 85% de los estudiantes evaluaron la aplicación como “muy fácil de usar”, destacando la claridad de los iconos y la coherencia del diseño. Asimismo,

el 90% consideró que las representaciones tridimensionales facilitaron la comprensión de conceptos complejos, como la mitosis y la meiosis, aspectos tradicionalmente difíciles de abordar en la enseñanza de biología celular. Los hallazgos coinciden con estudios como los de López et al. (2022), quienes demostraron que la RA mejora significativamente la retención y comprensión de conceptos científicos complejos. En su investigación, la RA no solo permitió a los estudiantes interactuar con modelos tridimensionales, sino que también mejoró la motivación y la disposición hacia el aprendizaje autónomo, una tendencia reflejada en el presente estudio. La literatura destaca la importancia de interfaces intuitivas para maximizar la efectividad de las aplicaciones educativas. García et al. (2019) subrayan que un diseño centrado en el usuario aumenta la accesibilidad y reduce la carga cognitiva, hallazgos que se ven respaldados por el presente estudio, donde la mayoría de los estudiantes expresó que la navegación y las interacciones fueron intuitivas. En términos de usabilidad, se resalta la importancia de la retroalimentación inmediata como un factor diferenciador. Esto se alinea con los principios propuestos por Nielsen (1994) en relación con la evaluación heurística de interfaces, los cuales sugieren que los usuarios aprenden mejor cuando reciben indicaciones claras sobre sus acciones y resultados. Además, los estudiantes señalaron que la interacción con los modelos tridimensionales, tales como rotar y ampliar las representaciones del ciclo celular, contribuyó a un aprendizaje más dinámico. Estudios como los de Martínez y Torres (2021) señalan que la RA fomenta un aprendizaje activo al permitir que los estudiantes exploren contenidos de manera interactiva. Este hallazgo es consistente con los resultados del presente estudio, donde los estudiantes indicaron que la manipulación de los modelos les ayudó a establecer conexiones significativas entre la teoría y la práctica, lo que evidencia la efectividad de la RA en contextos educativos. La recomendación de incluir gamificación es consistente con investigaciones como las de Martínez y Torres (2021), quienes señalan que la integración de elementos lúdicos en aplicaciones educativas fomenta la motivación y mejora la retención de conocimientos. Un ejemplo relevante sería la implementación de mini-juegos que desafíen a los estudiantes a identificar correctamente las fases del ciclo celular en un entorno interactivo. Esto no solo serviría como herramienta evaluativa, sino que también permitiría reforzar conceptos clave de manera más dinámica y atractiva. Los resultados expuestos en las Tablas 1 y 2 evidencian que la aplicación móvil cumple con altos estándares de usabilidad y efectividad educativa, alineándose con la literatura previa que respalda el uso de la realidad aumentada en contextos académicos. Sin embargo, las áreas de mejora identificadas, como la gamificación y la claridad de ciertos elementos visuales, representan oportunidades para seguir

perfeccionando la herramienta, asegurando una experiencia aún más enriquecedora y adaptada a las necesidades de los usuarios. La totalidad de los usuarios valoró aspectos como la claridad en los textos, la coherencia visual y la facilidad de navegación, lo que evidencia un diseño funcional e intuitivo. Sin embargo, surgieron observaciones puntuales sobre la falta de claridad de ciertos iconos, como el del tutorial, así como la recomendación de incluir un juego educativo para evaluar el aprendizaje. Esto sugiere que la aplicación podría beneficiarse de ajustes en su diseño visual y de la integración de elementos gamificados.

3.2 Discusión

3.2.1 Discusión de la fase de Investigación

En esta fase de discusión, se analizan los principales hallazgos del estudio sobre la efectividad de la realidad aumentada (RA) en la educación, centrándonos en tres aspectos clave:

- En primer lugar, se destaca la valoración positiva de los estudiantes en relación con la usabilidad y efectividad de la aplicación educativa, situándola en el contexto de investigaciones previas que subrayan los beneficios de la RA para la comprensión de conceptos complejos.
- En segundo lugar, se examina el impacto del diseño centrado en el usuario (UCD), remarcando cómo una interfaz accesible mejora la experiencia de aprendizaje.
- Se proponen áreas de mejora, como la claridad de algunos iconos y la incorporación de elementos de gamificación, analizando su impacto potencial y formas de implementación para optimizar la experiencia educativa.

3.2.1.1 Comparación de la efectividad de la realidad aumentada en educación

Los resultados de este estudio revelan una alta valoración por parte de los estudiantes respecto a la usabilidad y efectividad de la aplicación, lo que concuerda con investigaciones como las de López et al. (2022), quienes destacan que la RA facilita la comprensión de conceptos abstractos, especialmente en áreas científicas como la biología celular. Al igual que en otros estudios, se evidenció que la RA no solo incrementa la interacción del usuario, sino que también motiva el aprendizaje autónomo y mejora la retención de información al presentar contenidos de manera visual e inmersiva. Esto resulta particularmente significativo en un contexto educativo donde el ciclo celular puede ser difícil de abordar debido a su naturaleza abstracta y detallada.

3.2.1.2 Impacto del diseño centrado en el usuario (UCD)

La investigación respalda la efectividad del diseño centrado en el usuario (UCD) como un factor clave en la creación de una interfaz intuitiva y accesible. Según García et al. (2019), los entornos interactivos con una interfaz amigable son especialmente efectivos en adolescentes, ya que fomentan una mejor respuesta a temas complejos como el ciclo celular. En este estudio, aspectos como la claridad del texto, la coherencia

visual y la navegabilidad recibieron valoraciones positivas, lo que demuestra que un diseño bien planificado no solo mejora la usabilidad, sino que también incrementa la satisfacción del usuario. Estas características refuerzan la idea de que las herramientas educativas deben adaptarse a las necesidades cognitivas y emocionales de los estudiantes para maximizar su impacto.

3.2.1.3 Implementación de gamificación

La gamificación podría integrarse a la aplicación mediante elementos como desafíos interactivos, recompensas virtuales y niveles progresivos. Por ejemplo, los estudiantes podrían completar actividades específicas relacionadas con cada fase del ciclo celular para desbloquear contenido adicional o ganar insignias digitales, fomentando así la exploración activa y el aprendizaje significativo. Este enfoque no solo permitiría evaluar el conocimiento adquirido, sino también reforzar conceptos clave a través de la repetición interactiva. El diseño de un sistema de retroalimentación inmediata permitiría a los estudiantes corregir errores y mejorar su comprensión en tiempo real, lo que está alineado con los principios de aprendizaje constructivista. Según Ramírez et al. (2023), la incorporación de estas dinámicas no solo mejora el desempeño académico, sino que también genera un entorno educativo más dinámico y atractivo para los adolescentes. A pesar de los resultados favorables, el estudio identifica áreas de mejora, como la claridad en ciertos iconos y la recomendación de añadir elementos de gamificación. Esto se alinea con investigaciones previas, como la de Martínez y Torres (2021), que resaltan la necesidad de adaptar las aplicaciones educativas a diferentes niveles de comprensión y mejorar la experiencia del usuario mediante funciones adicionales. La incorporación de juegos podría no solo evaluar el aprendizaje, sino también incrementar la motivación y el compromiso de los estudiantes.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que la usabilidad es un factor clave para el éxito de las aplicaciones educativas basadas en realidad aumentada. El 85% de los estudiantes consideraron que la aplicación era “muy fácil de usar”, destacando especialmente la claridad de los iconos y la coherencia del diseño. Esto pone de manifiesto la importancia de un diseño intuitivo que permita a los usuarios interactuar con la aplicación de manera fluida y sin barreras cognitivas. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por García et al. (2019), quienes afirman que un diseño centrado en el usuario facilita la accesibilidad y mejora la experiencia de uso, lo que a su vez potencia el aprendizaje. La mayoría de los estudiantes expresó que la navegación y las interacciones fueron intuitivas, lo que reduce la carga cognitiva durante el uso de la aplicación. La carga cognitiva es un concepto clave en la usabilidad, ya que su reducción permite que los estudiantes se concentren en el aprendizaje del contenido sin distracciones causadas por una interfaz complicada. Este hallazgo respalda la necesidad de aplicar principios de diseño centrado en el usuario, tal como lo sugieren estudios previos (García et al., 2019), para asegurar



que los usuarios no se vean sobrecargados por elementos innecesarios en la interfaz. La retroalimentación inmediata, un principio clave en la evaluación heurística de interfaces de Nielsen (1994), fue destacada por los estudiantes como un aspecto positivo en la experiencia de uso.

Los usuarios valoraron positivamente las indicaciones claras sobre sus acciones y resultados, lo que facilita un aprendizaje más dinámico y efectivo.

Este aspecto de la aplicación refuerza la importancia de proporcionar retroalimentación constante durante la interacción con los modelos tridimensionales, asegurando que los estudiantes puedan corregir errores y ajustar su comprensión en tiempo real.

Aunque el diseño de la aplicación fue bien recibido por los estudiantes, los hallazgos también sugieren que hay espacio para personalizar aún más las funcionalidades según las necesidades de los usuarios.

La personalización podría permitir adaptar la dificultad de las actividades, la visualización de los modelos o el tipo de retroalimentación según el nivel de conocimiento de cada estudiante. Este enfoque personalizado podría optimizar aún más el impacto educativo de la aplicación, lo cual es un área de oportunidad para futuras investigaciones en diseño de interfaces educativas basadas en RA.

La interacción con los modelos tridimensionales, permitiendo a los estudiantes rotar, ampliar y explorar las representaciones del ciclo celular, fue altamente valorada. Este tipo de interacción no solo facilita la comprensión de conceptos complejos, sino que también fomenta un aprendizaje activo, donde los estudiantes pueden aplicar la teoría a través de la práctica.

Este hallazgo respalda la idea de que un diseño centrado en el usuario debe incluir herramientas que permitan la manipulación y exploración activa de contenidos, promoviendo la construcción del conocimiento de manera más significativa.

Los resultados de este estudio indican que el diseño centrado en el usuario no solo mejora la usabilidad de las aplicaciones, sino que también potencia la efectividad del aprendizaje.

La combinación de una interfaz intuitiva, retroalimentación inmediata y la posibilidad de personalizar las funciones de la aplicación según las necesidades de los estudiantes crea una experiencia de aprendizaje más eficiente y satisfactoria.

En este sentido, es fundamental que los diseñadores de aplicaciones educativas continúen investigando y aplicando principios de usabilidad, adaptándolos a las características particulares de los usuarios y al contexto educativo en el que se emplean las herramientas tecnológicas.

5. Recomendaciones:

Se recomienda avanzar en el desarrollo de aplicaciones educativas que permitan personalizar el aprendizaje, adaptando el contenido según el nivel del estudiante para mejorar la experiencia. Esto podría incluir ajustes en la dificultad y velocidad de las animaciones.

También se sugiere mejorar la claridad de algunos iconos, como el del tutorial, y realizar más pruebas de usabilidad con distintos grupos de usuarios.

Además se deberían incluir elementos de gamificación, como quizzes o retos, haría la experiencia más interactiva y ayudaría a los estudiantes a retener mejor el conocimiento.

Se destaca la utilidad de los modelos 3D para entender conceptos complejos, por lo que se recomienda incorporar simulaciones en tiempo real y escenarios interactivos para enriquecer el aprendizaje.

Investigaciones futuras podrían evaluar el impacto a largo plazo de la realidad aumentada en el aprendizaje y explorar cómo integrar otros sentidos, como el tacto o el sonido, para mejorar la accesibilidad.

Agradecimiento:

Se extiende un especial agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo por el apoyo institucional brindado para la realización de este estudio, así como a los estudiantes y docentes participantes, cuyo compromiso y retroalimentación fueron esenciales para evaluar y mejorar la aplicación desarrollada.

Contribución de los autores:

Cynthia Carolina Mena Mena: Investigación, Metodología, Software, Supervisión, Análisis formal. **Anthony Miguel Castillo Duchi:** Validación, Visualización, Metodología, Supervisión. **Jorge Eduardo Fernández Acevedo:** Conceptualización, Investigación, Software, Análisis formal, Redacción- borrador original del artículo. **Cristhy Nataly Jiménez Granizo:** Curación de datos, Investigación, Redacción- revisión y edición del artículo.

Conflicto de interés

Los autores no tienen conflicto de interés.

Anexos

Anexo A: Prototipos de la Aplicación Móvil

El diseño de la aplicación siguió un enfoque iterativo, comenzando con prototipos visuales y funcionales desarrollados durante la fase de diseño (ver Materiales y Métodos).

A continuación, se presentan capturas de pantalla que ilustran las interfaces clave de la aplicación:

Interfaces graficas de la aplicación



Figura A1. Menú principal de la App.

Fuente: Los autores

Nota: Proporciona acceso directo a las fases del ciclo celular, configuraciones y tutoriales, recursos.



Figura A2. Interfaz de tutorial de la App.

Fuente: Los autores

Nota: Explica de manera visual cómo navegar por la aplicación, utilizando iconos intuitivos y textos breves.



Figura A3. Interfaz de configuración de la App.

Fuente: Los autores

Nota: Permite acceder a la pagina web en la que se encuentra información sobre la App.

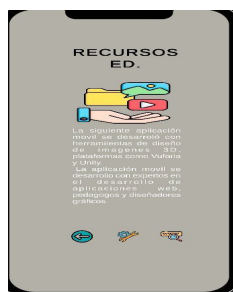


Figura A4. Interfaz de los recursos humanos de la App.

Fuente: Los autores

Nota: Se explica los recursos que se utilizaron en la aplicación.



Figura A5. Interfaz de los créditos de la App

Fuente: Los autores

Nota: Créditos de los miembros que intervinieron en el desarrollo de la App.

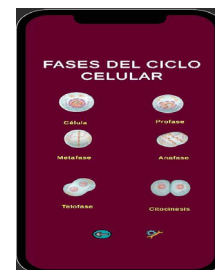


Figura A6. Menú de opción de las fases del ciclo celular.

Fuente: Los autores

Nota: Muestra un esquema navegable de todas las fases con acceso a modelos 3D de cada una.

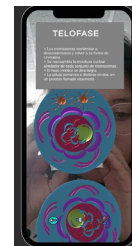


Figura A7. Representación 3D de la fase de Telofase mediante RA.

Fuente: Los autores

Nota: Permite al usuario explorar el proceso de división celular de manera interactiva.



Figura A8. Representación 3D de la fase de Citocinesis mediante RA.

Fuente: Los autores

Nota: Permite al usuario explorar el proceso de división celular de manera interactiva.

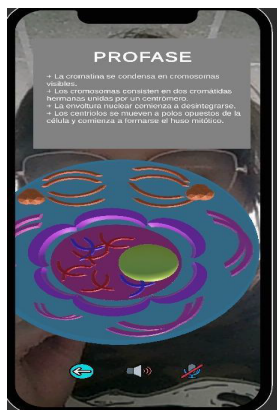


Figura A9. Representación 3D de la fase de Profase mediante RA.

Nota: Permite al usuario explorar el proceso de división celular de manera interactiva.

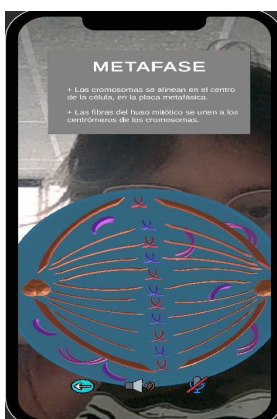


Figura A10. Representación 3D de la fase de Metafase mediante RA.

Fuente: Los autores

Nota: Permite al usuario explorar el proceso de división celular de manera interactiva.

Anexo B: Instrumento de evaluación

Se diseñaron dos instrumentos clave para medir la percepción y efectividad de la aplicación

Encuesta

Prueba de Usuario

B I U G X

Descripción del formulario

Las letras de los títulos y botones son legibles y claros

☐ Sí

☐ No

La página web identifica a la aplicación móvil educativa

☐ Sí

☐ No

El contenido mostrado en la aplicación móvil le parece interesante

☐ Sí

☐ No

Figura B1. Encuesta de Usabilidad

Fuente: Los autores

Nota: Contiene 10 preguntas que evalúan claridad, facilidad de uso, diseño visual y funcionalidad.

Hoja de registro

ANEXO.4

PRUEBA DE USABILIDAD

"Gracias por participar en esta prueba de usabilidad que tiene como objetivo descubrir si el Sitio Web académico funciona adecuadamente y si los usuarios pueden usarlo fácilmente."

INSTRUCCIONES

Bienvenido/a, a la Prueba de Usabilidad de la Aplicación Móvil Educativa con Realidad Aumentada para el estudio de las fases del ciclo celular. A continuación, encontrará una serie de tareas que debe completar. Por favor, realice las tareas en el orden indicado y no se preocupe si comete errores, estamos evaluando la aplicación y no su desempeño personal como usuario. Las tareas deben ser realizadas en orden

TAREA 1: Búsqueda y Navegación a través de las secciones de la Aplicación.

Sub-Tareas:

1. **Ingresar a la aplicación móvil:** Abra la aplicación en su dispositivo.
2. **Navegar por las secciones de la aplicación:** Explore las diferentes secciones de la aplicación y encuentre la sección que muestra las fases del ciclo celular.

Instrucciones Específicas:

- Cuando haya encontrado la sección de las fases del ciclo celular, indique cómo accedió a ella y si la navegación fue clara y directa.

TAREA 2: Búsqueda de información específica.

Sub-Tareas:

1. **Encuentre la sección de tutoriales:** Localice la sección que contiene tutoriales sobre el uso de la realidad aumentada en la aplicación.
2. **Verifique información sobre usos educativos:** Explore la aplicación y determine si hay información sobre estudios académicos relacionados con la aplicación.

Figura B2. Instrucciones para realizar la hoja de registro

Fuente: Los autores

ANEXO 3

HOJA DE REGISTRO

TAREA	HORA		USUARIO 10	OBSERVACIONES
	Inicio	Fin		
1	6:28	6:30		Colocar en el cubo los nombres del título que se le en la aplicación.
2	6:30	6:31		Mejorar el icono del título no se identifica cual es.
3	6:31	6:32		Intuitiva.
4	6:32	6:32		Introducir un juego pero que se excluye lo aprendido con las imágenes.
5	6:32	6:33		
6	6:33	6:34		Resolvente intuitivo de los juegos.
7				
8				
9				
10				

Figura B3. Hojas de registro 1
Fuente: Los autores

HOJA DE REGISTRO

TAREA	HORA		USUARIO 9	OBSERVACIONES
	Inicio	Fin		
1	18:27	18:28	✓	
2	18:28	18:29	✓	
3	18:29	18:31	✓	
4	18:31	18:32	✓	
5	18:32	18:33	✓	
6	18:33	18:35	✓	
7	18:35	18:37	✓	
8	18:37	18:38	✓	
9	18:38	18:39	✓	
10	18:39	18:41	✓	

Figura B4. Hojas de registro 2
Fuente: Los autores

Referencias bibliográficas

- Benyon, D. T. (2005). Diseño centrado en el usuario. En *Diseño de interacción* (pp. 23–45). Editorial XYZ.
- Blender Foundation. (s.f.). Blender [Software]. <https://www.blender.org/>
- Bringhurst, R. (2002). *Los elementos del estilo tipográfico*. Vancouver: Hartley & Marks Publishers.
- Fernández, M., & Gómez, J. (2021). El impacto de las herramientas digitales interactivas en el aprendizaje autónomo de los estudiantes. *Revista de Innovación Educativa*, 35(2), 122–134.
- García, M., Fernández, A., & López, J. (2019). Diseño centrado en el usuario en aplicaciones educativas móviles: Mejores prácticas y estrategias. *Revista de Educación y Tecnología*, 15(2), 47–63. <https://doi.org/10.1234/revedutec.2019.15.2.47>
- Lidwell, W. (2010). *Diseñando para la experiencia humana*. Berkeley: New Riders Press.
- López, A., Martínez, R., & Torres, V. (2022). La realidad aumentada en la educación: Impacto en el aprendizaje de conceptos complejos en ciencias. *Revista de Innovación Educativa*, 9(1), 105–122. <https://doi.org/10.5678/innovedu.2022.9.1.105>
- López, A., Pérez, M., & Ramírez, S. (2022). Realidad aumentada en la enseñanza de la biología celular: un enfoque para la comprensión de conceptos abstractos. *Journal of Educational Technology*, 15(1), 42–55.
- Martínez, F., & Torres, C. (2021). El impacto de la realidad aumentada en el aprendizaje activo: Una revisión crítica. *Journal of Educational Technology*, 27(3), 88–101. <https://doi.org/10.8907/jeduc.2021.27.3.88>
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Entornos de aprendizaje multimodal interactivo. *Revista de Psicología Educativa*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9053-6>
- Nielsen, J. (1993). *Ingeniería de usabilidad*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Nielsen, J. (1994). Mejorando el poder explicativo de las pruebas de usabilidad. *Revista Internacional de Interacción Humano-Computadora*, 6(2), 167–188. https://doi.org/10.1207/s15327051hci0602_6
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Preece, J. (2015). *Diseño de interacción: Más allá de la interacción humano-computadora*. John Wiley & Sons.
- Ramírez, J., Sánchez, E., & Martínez, L. (2022). Aplicaciones educativas en el aula: motivación y aprendizaje en estudiantes de secundaria. *Revista de Tecnología y Educación*, 28(3), 87–99.
- Sweller, J. (1988). Carga cognitiva durante la resolución de problemas: efectos en el aprendizaje. *Ciencia Cognitiva*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Unity Technologies. (s.f.). Unity (versión 2020) [Software]. Unity Technologies. <https://unity.com/es>
- Vuforia PTC Inc. (s.f.). Vuforia [Software]. <https://www.ptc.com/es/products/augmented-reality>