



REVISIÓN

The Metaverse as an Innovative Tool for Teaching Biology in High School

El metaverso como herramienta innovadora para la enseñanza de la biología en el bachillerato

Andrea Eloisa Monroy Villon¹  

¹Unidad Educativa Pedro Balda Cucalón, Docente de Biología, Manta, Ecuador.

Citar como: Monroy Villon AE. The Metaverse as an Innovative Tool for Teaching Biology in High School. Metaverse Basic and Applied Research. 2023; 2:71. <https://doi.org/10.56294/mr202371>

Enviado: 02-07-2023

Revisado: 16-10-2023

Aceptado: 26-12-2023

Publicado: 27-12-2023

Editor: Yailen Martínez Jiménez 

Autor para la correspondencia: Andrea Eloisa Monroy Villon 

ABSTRACT

Introduction: this paper exposes the educational potential of the metaverse as an innovative tool for teaching the scientific contents of the biology subject within the high school sub-level, considering the current pedagogical challenges and the possibilities offered by immersive environments to improve the understanding of biological phenomena.

Method: through a theoretical and documentary review of research from the last 5 years, the study was systematized and organized around key categories: conceptualization, applications, challenges and opportunities of the metaverse in the biology teaching process.

Results: relevant educational applications of the metaverse were identified, such as the simulation of cellular processes, three-dimensional anatomical exploration, recreation of ecosystems and the use of virtual laboratories. Similarly, benefits such as increased student motivation, personalization of learning and strengthening of scientific competencies were highlighted.

Conclusions: the metaverse offers significant opportunities to transform high school biology teaching, provided that its implementation is based on sound pedagogical principles, inclusion, and continuous teacher training.

Keywords: Metaverse; Biology Teaching; High School Education; Educational Technology; Immersive Reality.

RESUMEN

Introducción: el presente documento expone el potencial educativo del metaverso como herramienta innovadora para la enseñanza de los contenidos científicos de la asignatura de biología dentro del subnivel de bachillerato, considerando los desafíos pedagógicos actuales y las posibilidades que ofrecen los entornos inmersivos para mejorar la comprensión de fenómenos biológicos.

Método: por medio de una revisión teórica y documental de investigaciones de los últimos 5 años, se sistematizo y organizo en torno a categorías clave: conceptualización, aplicaciones, desafíos y oportunidades del metaverso en el proceso enseñanza de la biología.

Resultados: se identificaron aplicaciones educativas relevantes del metaverso, como la simulación de procesos celulares, la exploración anatómica tridimensional, la recreación de ecosistemas y el uso de laboratorios virtuales. De igual manera, se destacaron beneficios como el aumento en la motivación estudiantil, la personalización del aprendizaje y el fortalecimiento de competencias científicas.

Conclusiones: el metaverso ofrece oportunidades significativas para transformar la enseñanza de la biología en el bachillerato, siempre que su implementación se base en principios pedagógicos sólidos, inclusión y formación docente continua.

Palabras clave: Metaverso; Enseñanza de la Biología; Educación En Bachillerato; Tecnología Educativa; Realidad Inmersiva.

INTRODUCTION

Vivimos una época en la que lo digital avanza sin freno, cada vez más presente en todo. Y en medio de ese avance, surge el metaverso como un recurso que podría cambiar radicalmente la forma en que enseñamos. Se trata de espacios virtuales, con gráficos en 3D, entornos interactivos, y una sensación de estar “dentro” que cambia la experiencia. Este nuevo mundo ofrece maneras diferentes, poco comunes hasta ahora, para que los estudiantes vean, vivan y comprendan fenómenos biológicos complejos. Ya no se trata solo de leer o ver una imagen plana: ahora pueden sumergirse, moverse, tocar (bueno, casi) esos contenidos.

La biología en el bachillerato tiene el desafío de conectar con los adolescentes de hoy. No basta con enseñar datos o teorías. Se necesita un puente entre esos conocimientos científicos y lo que ellos viven o sienten. Y sí, el metaverso podría ser ese puente. Porque no es solo una novedad llamativa, es una herramienta con potencial para generar aprendizajes que dejan huella. Especialmente si se considera que el currículo ecuatoriano busca fomentar el pensamiento científico, valorar el ambiente y aplicar el método científico como parte esencial de la formación en Ciencias Naturales.

Dentro de ese marco, lo virtual se vuelve útil. Muy útil. Porque permite observar procesos que no se pueden ver a simple vista, o que en la vida real serían costosos o peligrosos. Además, rompe barreras: la falta de recursos, de laboratorios, o incluso las limitaciones físicas del aula, pueden quedar atrás si se usa bien esta tecnología. Lo sensorial, lo visual, lo interactivo... todo eso despierta el interés. Y no solo eso, también fomenta la participación, que es clave en el aprendizaje real.

Muchos estudios coinciden en que los entornos inmersivos tienen efectos positivos en cómo aprenden los estudiantes de ciencias. Makransky y Mayer (2022) revisaron investigaciones que mostraban mejoras en la comprensión y en la retención de conocimientos gracias a estas tecnologías.^(1,2,3) ¿Por qué? Porque permiten ver conceptos que antes eran solo palabras o dibujos. Y eso hace que las clases tengan otro ritmo, otra profundidad. Algo más significativo.

Este artículo parte de esa premisa: que el metaverso no es solo tecnología, sino una nueva forma de enseñar biología. Se analizarán las ventajas, pero también las limitaciones. No se trata de idealizarlo. Habrá que pensar en lo ético, en lo pedagógico, y, sobre todo, en el papel del docente en este nuevo escenario. Porque si no se usa con intención y sentido, podría quedarse solo en una moda. La idea es ir más allá: integrar estas herramientas al currículo de forma crítica, consciente y adaptada a nuestra realidad.

BIOLOGÍA, METAVERSO Y EDUCACIÓN EN EL BACHILLERATO

La biología es una asignatura que se centra en enseñar cómo funciona el mundo vivo. Desde lo más pequeño que existe, una célula, hasta sistemas enormes como un ecosistema entero. En el bachillerato, esta asignatura busca algo más que solo memorizar: se trata de que los estudiantes observen, piensen, comparen, se cuestionen. Que desarrollen esa mirada científica, pero también ética, hacia la vida. Porque conocer cómo vivimos nos ayuda también a cuidar mejor lo que somos y lo que nos rodea.⁽⁴⁾

En paralelo, aparece este concepto del metaverso. Una idea que al principio suena a ciencia ficción, pero que ya es parte de muchas áreas. Lee et al. (2021) destacan que es un espacio digital donde se cruzan varias tecnologías: realidad aumentada, virtual, redes sociales, todo eso junto.⁽⁵⁾ Un lugar donde uno no solo mira, sino que entra, se mueve, actúa. Como si estuvieras dentro de un videojuego, pero con fines educativos. Un espacio donde uno puede aprender tocando, explorando y experimentando.

Y cuando juntas la enseñanza de la biología y el metaverso, se abre una puerta interesante para enseñar. La biología da el contenido, lo esencial: lo que hay que aprender. El metaverso ofrece otra forma de experimentarlo. Una forma más inmersiva, más visual. Ideal para estudiantes que están justo en esa etapa en la que el pensamiento abstracto empieza a afianzarse. Entonces sí, estas herramientas pueden ayudar muchísimo a que entiendan procesos que, de otro modo, quedarían como conceptos lejanos.

Por poner un ejemplo: no es lo mismo ver un dibujo de una célula que poder caminar dentro de una en tamaño gigante. Ver cómo se mueven los orgánulos, cómo se replica el ADN, cómo todo está conectado. Eso genera otra clase de impacto. También se pueden simular ecosistemas enteros, ver cómo se relacionan las especies, cómo influye el clima o la contaminación. Todo eso, que suele parecer tan teórico, se vuelve tangible donde se desarrollan habilidades como el observar, analizar, plantear hipótesis, discutir con otros.⁽⁶⁾ Y ese es el tipo de aprendizaje que realmente permanece. Por eso, la educación del siglo XXI no puede dejar de lado este tipo de tecnologías, siempre y cuando se usen con criterio y con una mirada pedagógica sólida.

La UNESCO (2021) ha insistido en que la alfabetización digital debe incluir mucho más que saber usar una computadora. Se trata de entender cómo funcionan estos entornos digitales, cómo participar en ellos de

forma crítica, cómo usar la tecnología para construir conocimiento y no solo para consumirlo.⁽⁷⁾ Desde ahí, el metaverso puede ser un espacio de aprendizaje donde se investiga, se colabora y se reflexiona, no solo un lugar para mirar cosas.

Eso sí, hay que decirlo: no todo es tan fácil. Usar el metaverso en clase no significa solo encender una aplicación. Hay que planificar. Tener claro para qué se usa, cómo se va a trabajar con los estudiantes, qué herramientas se necesitan. Y no olvidar que no reemplaza la vida real. Es una extensión, un complemento. Porque no todo se puede aprender en lo virtual, ni debe. Entonces, el reto está ahí. Para los docentes de biología, sobre todo. Encontrar maneras de integrar estas tecnologías sin perder de vista lo importante: los objetivos de aprendizaje, la realidad del aula, las necesidades de los estudiantes. Porque sí, el metaverso puede transformar la forma de enseñar biología, pero solo si se lo hace con propósito, con sentido y, sobre todo, con humanidad.

Aplicaciones del Metaverso en la Enseñanza de la Biología en Bachillerato

La biología, al ser una ciencia que se basa mucho en la observación, el experimento, el análisis, necesita que los estudiantes hagan cosas, no solo escuchen o lean. Pero en muchos colegios, sobre todo en el subnivel de bachillerato, eso se vuelve complicado. Falta de laboratorios, de tiempo, de materiales. A veces ni siquiera hay espacio adecuado. Por eso, el metaverso puede ser una salida. Una opción distinta que, si se la usa bien, expande lo que es posible en clase. Permite simular, crear, explorar. Cosas que en el aula física simplemente no se podrían hacer.

Una de las ideas más potentes es poder ver procesos celulares y moleculares en 3D. La mitosis, la meiosis, cómo se transcribe el ADN, todos esos procesos que normalmente se ven en un esquema o un video, aquí se pueden vivir. Donde el estudiante pueda entrar, moverse dentro, observar desde distintos ángulos. Eso cambia la forma en que se entienden las cosas. Porque cuando uno ve algo moverse, cuando interactúa, lo recuerda mejor. Según estudios recientes, esta experiencia inmersiva ayuda a fijar más los contenidos porque activa la memoria visual, la espacial y lo sensorial.^(8,9,10)

Otra aplicación útil es la exploración del cuerpo humano. Plataformas como BioDigital Human permiten recorrer el cuerpo como si fuera un edificio, y cada sistema, cada órgano, como una sala diferente. Se puede quitar capas, girar, ampliar. Ver músculos, huesos, tejidos. Incluso hacer simulaciones clínicas. Diagnósticos, tratamientos, análisis fisiológicos. Esto, en estudiantes de bachillerato, puede ser una manera poderosa de aprender anatomía, razonamiento clínico, pensamiento lógico.^(11,12) Y salir así del tradicionalismo que va más allá de solo mirar dibujos.

No obstante, la posibilidad de entrar en ecosistemas: selvas, océanos, páramos, etc. Ya no solo leer sobre la Amazonía o los arrecifes de coral. Ahora los estudiantes pueden explorarlos, ver las especies, los ciclos, las cadenas tróficas. Pueden ver cómo afecta la contaminación, qué pasa con el cambio climático. Estas experiencias generan una conciencia ecológica que va creciendo con cada inmersión. Además, permiten que se integren varias materias: biología, geografía, incluso educación ambiental.^(13,14,15)

También están los laboratorios virtuales. Con simuladores como Labster, se pueden realizar experimentos que en la vida real serían costosos o peligrosos. Cultivos celulares, microscopía, análisis de ADN. Todo eso se puede hacer en línea, de forma segura, a cualquier hora. Y repetirlo las veces que sea necesario. De Jong et al. (2021) señalan que estos laboratorios virtuales complementan muy bien la enseñanza presencial. Hacen que el estudiante tenga más autonomía y pueda aprender a su ritmo.⁽¹⁶⁾

El metaverso es una herramienta que se adapta. No todos los estudiantes aprenden igual ni al mismo ritmo. Algunos necesitan más tiempo, otros prefieren lo visual. Este tipo de tecnologías permite eso: personalizar, ajustar la dificultad, dar retroalimentación en tiempo real, adaptar tareas según las necesidades.⁽¹⁷⁾ Principios que está muy alineado con la evaluación formativa que promueve el currículo ecuatoriano. Cabe mencionar que, estos entornos, los estudiantes no están solos. Pueden trabajar en equipo, hablar con otros a través de sus avatares, resolver problemas juntos. Eso fortalece otras habilidades: la empatía, la comunicación, la argumentación, la creatividad. Competencias necesarias para el siglo XXI, donde ya no basta con saber, hay que saber hacer y saber convivir.⁽¹⁸⁾

Aunque en Ecuador todavía no es muy común ver metaverso en las aulas, hay algunas experiencias piloto. Algunos colegios han empezado a usar realidad virtual en prácticas de biología. En ciertos programas técnicos de bachillerato se han probado simuladores para formar estudiantes en salud y ciencias. Y sí, los resultados son prometedores. Lo que hace falta es invertir más, capacitar a los docentes y darles las herramientas para que puedan implementar estas innovaciones en su planificación.

Ahora bien, para que todo esto funcione, hay que planearlo con intención. No se trata de poner tecnología porque sí. El docente debe tener claro qué se quiere lograr, cómo se va a evaluar, qué actividades se van a proponer. La tecnología por sí sola no hace milagros. Es el uso pedagógico lo que realmente marca la diferencia. Un obstáculo fuerte es que muchos docentes no han sido formados o tienen un rechazo a la tecnología. No conocen bien las tecnologías inmersivas, ni saben cómo diseñar experiencias digitales. Entonces es clave ofrecer

formación continua, talleres, acompañamiento. No basta con entregar equipos. Hay que formar también en el cómo, en el por qué. Solo así se garantiza un uso efectivo, ético y adaptado al contexto.^(19,20)

Iniciativa que debe ir acompañado con una reforma estructural e inversión en las instituciones, ya que en muchos colegios no hay computadoras, o el internet falla. Y eso limita. Pero podrían buscarse soluciones mixtas. Colaboraciones con universidades, con empresas, con el Estado. Modelos que permitan compartir recursos y llegar a más lugares. Democratizar el acceso al metaverso educativo y que no se quede solo en los colegios privados.

Finalmente, está el factor motivación. El metaverso tiene ese algo que engancha. Los estudiantes se interesan más, prestan atención, se involucran. Especialmente los adolescentes, que suelen desconectarse del enfoque más tradicional. Cuando ellos sienten que están dentro del conocimiento, que lo viven, que lo pueden experimentar, la actitud cambia. Y eso se nota en el rendimiento, en el aprendizaje, en la forma en que ven la ciencia. El metaverso puede ser una herramienta poderosa para transformar cómo se enseña biología en el bachillerato. Pero requiere planificación, capacitación y apoyo. No es una varita mágica, pero sí una oportunidad para hacer que la ciencia cobre vida en las aulas.

Desafíos y Oportunidades de Integrar el Metaverso en la Educación Biológica

Cuando se piensa en el metaverso dentro del aula, en especial en las clases de biología en el bachillerato, es inevitable ver tanto los retos como las posibilidades. Porque esta tecnología trae consigo una dualidad clara: por un lado, ofrece un potencial enorme; por otro, presenta barreras, muchas de ellas estructurales. Entender esa tensión, lo que puede hacerse y lo que aún lo impide, es clave si se quiere construir una estrategia que funcione de verdad, que sea realista y útil para el contexto educativo ecuatoriano.

Uno de los obstáculos más grandes es la desigualdad en el acceso. La famosa brecha digital. Aunque en ciertas zonas urbanas del país se ha visto un avance importante en tecnología, eso no se traduce en todos los contextos. Hay instituciones, sobre todo del sistema público, donde no hay equipos adecuados, ni siquiera conectividad constante. Es muy difícil hablar de implementar metaverso o realidades inmersivas. Las escuelas rurales o periféricas, por ejemplo, enfrentan limitaciones mucho más graves que no se resuelven con buenas intenciones.^(21,22,23) Además, los costos son altos, no solo hablamos de comprar gafas de realidad virtual o licencias para plataformas. También se requiere infraestructura, mantenimiento, soporte técnico. Y eso, en la mayoría de los centros educativos del país, sigue siendo inviable.

Otro problema tiene que ver con los propios docentes. Muchos de los profesores de biología que trabajan en bachillerato no han sido capacitados en el uso de tecnologías inmersivas. No han tenido formación en metodologías activas que combinen ciencia y tecnología. Lo que se observa en varios países de América Latina y Ecuador no es la excepción, es que la falta de conocimientos técnicos, junto con la resistencia al cambio, se convierten en barreras difíciles de romper.^(24,25) Por eso, se vuelve urgente que existan políticas claras de actualización profesional. Programas de formación que no solo enseñen a usar herramientas digitales, sino que incorporen reflexión pedagógica, diseño instruccional, pensamiento crítico. La tecnología sin acompañamiento se queda corta. Se desperdicia.

Hay también cuestiones que tienen que ver con la inclusión. Porque no todos los estudiantes tienen las mismas condiciones para interactuar con entornos virtuales. Hay quienes tienen limitaciones sensoriales, motrices, cognitivas. Por eso, es fundamental que las plataformas y recursos usados en el metaverso educativo contemplen adaptaciones para todos. Sin excepciones. De lo contrario, se corre el riesgo de crear nuevas formas de exclusión. Además, hay que tener cuidado con los efectos secundarios. El uso excesivo de entornos digitales, sin una guía clara o sin equilibrio con lo presencial, puede generar problemas como la fatiga visual o aislamiento, incluso cierta dependencia tecnológica.^(26,27) Todo eso debe pensarse desde el inicio, con una planificación que ponga en primer plano el bienestar del estudiante.

Desde un enfoque ético, también hay temas por resolver. El manejo de datos, por ejemplo. Cuando los estudiantes usan avatares o interactúan en plataformas digitales, dejan rastros, datos que pueden ser sensibles. Si no se protegen adecuadamente, si no hay una política clara sobre privacidad, esa información podría ser utilizada con fines no educativos. Es por eso por lo que cualquier implementación debe incluir normas de seguridad. Protocolos que aseguren el consentimiento informado, sobre todo porque se trabaja con menores. No se trata solo de usar tecnología, sino de hacerlo con responsabilidad y cuidado.^(28,29)

Aun con todos estos retos, las oportunidades que trae el metaverso son enormes. Una de las más poderosas es la posibilidad de dar acceso a experiencias educativas de calidad, sin importar la ubicación o los recursos. Estudiantes que nunca han entrado a un laboratorio podrían simular uno. Observar estructuras biológicas, analizar procesos, interactuar con sistemas complejos. Todo sin necesidad de costosos materiales o infraestructura física. Esto no solo mejora el aprendizaje, también reduce desigualdades. Además, el metaverso permite ir más allá de lo memorístico. Aquí, los estudiantes no repiten, hacen. Formulan preguntas, experimentan, comparan resultados, sacan conclusiones. Y en ese hacer, van desarrollando las bases del método científico. Pero no como teoría. Sino como vivencia y experiencia real. También fomenta el trabajo colaborativo, la comunicación

efectiva, la resolución de problemas. Habilidades que no son exclusivas de la ciencia, sino fundamentales para cualquier campo del siglo XXI.^(30,31)

La motivación es otro factor clave. Se ha demostrado que los entornos inmersivos captan más la atención de los estudiantes. En especial de los adolescentes. Que muchas veces se sienten desconectados, aburridos, con contenidos que perciben lejanos. Cuando se les da la oportunidad de aprender de forma dinámica, participativa, en un espacio que se parece más al mundo en el que ya viven digitalmente, la actitud cambia. Y no solo eso: también cambia la disposición a aprender, la retención de contenidos, el rendimiento general.⁽³²⁾

Y hay un último punto que no se debe pasar por alto: la interdisciplinariedad. Lo que se enseña en el metaverso no tiene por qué limitarse solo a la biología. Se pueden integrar otros saberes como química, física, matemáticas, ciencias ambientales, incluso filosofía y ética. Porque cuando se simula la vida, cuando se crean mundos artificiales para entender el natural, surgen preguntas sobre lo que es real, sobre los límites de la ciencia, sobre lo que significa intervenir la vida (19). Y esas preguntas merecen espacio, donde el currículo ecuatoriano, con su enfoque integrado, ya propone esa mirada. El metaverso puede ser una vía más para llevarla a la práctica, Por tanto, integrar el metaverso en la educación biológica del bachillerato no es fácil, pero es una oportunidad única para cambiar cómo los jóvenes se relacionan con la ciencia. Si se toman decisiones basadas en ética, en pedagogía, en contexto, los beneficios pueden superar, y por mucho, a los problemas.

CONCLUSIONES

El metaverso se perfila, sin lugar a dudas, como una de las transformaciones más profundas en la forma de enseñar ciencias naturales hoy en día. Especialmente en biología. Su capacidad para generar espacios inmersivos, donde el estudiante no solo observa, sino que interactúa, lo convierte en una herramienta con potencial para superar muchas de las barreras que limitan la enseñanza en el bachillerato. Hablamos de barreras reales: la escasez de laboratorios, la falta de materiales, el tiempo limitado para realizar prácticas científicas que realmente aporten al aprendizaje. Frente a eso, las simulaciones tridimensionales y la visualización de procesos en entornos digitales dan una nueva posibilidad: aprender con profundidad, de forma activa, desde la experiencia.

A lo largo de este texto, se ha mostrado que el metaverso no solo abre caminos en términos de contenidos o de recursos didácticos. También permite desarrollar habilidades que atraviesan todas las áreas. Competencias como el pensamiento crítico, la colaboración, la capacidad de resolver problemas, la autonomía. Todo eso que hace falta para que los estudiantes no solo aprendan ciencia, sino que se conviertan en ciudadanos con criterio frente a los desafíos de salud, medioambiente, sostenibilidad o tecnología que enfrentamos como sociedad. Y no es un detalle menor: también se ha visto cómo el entorno virtual logra algo que muchas veces se pierde en las clases tradicionales. Motivar. Enganchar. Hacer que los estudiantes se interesen otra vez por la ciencia. Que quieran saber más.

Eso sí, no todo es entusiasmo. También se identificaron obstáculos serios que no se pueden ignorar si se quiere una integración real del metaverso en las aulas. Obstáculos como la desigualdad digital, la falta de preparación técnica y pedagógica del profesorado, los requerimientos técnicos, las implicaciones éticas relacionadas con el uso de datos personales o con el riesgo de generar nuevas exclusiones en lugar de reducirlas. Resolver estos problemas exige una mirada global. No es algo que pueda hacer solo un docente, ni una sola institución. Hace falta que las autoridades educativas lideren el proceso. Que se creen políticas públicas claras, que se impulsen procesos formativos continuos, que haya inversión en infraestructura. Que se construyan alianzas entre el sistema educativo, las universidades, el sector tecnológico. Es decir, una apuesta integral y a largo plazo.

En ese sentido, el metaverso no debería pensarse como una meta, como un fin en sí mismo. Sería un error. Tiene que verse como un medio. Como una herramienta más, que bien usada, puede transformar la forma en que se vive la educación en biología. Pero para eso, su implementación debe estar guiada por criterios pedagógicos sólidos. Que tenga al estudiante en el centro. Que piense en la inclusión, en el contexto, en el sentido de lo que se enseña. Y, sobre todo, que mantenga siempre una perspectiva crítica. Porque no se trata de usar tecnología por novedad, sino por pertinencia.

De aquí en adelante, lo ideal sería que se impulsen investigaciones que evalúen con datos concretos cómo esta herramienta está impactando el aprendizaje. Qué funciona, qué no. Qué barreras siguen presentes. Y, sobre todo, qué estrategias se pueden replicar en distintos contextos del país. Porque, aunque Ecuador es uno solo, la realidad educativa es diversa. Y para que el metaverso tenga un efecto real en la enseñanza de la biología, debe adaptarse a esas diferencias.

Ahora mismo, tenemos la oportunidad. Una oportunidad de dejar atrás ciertos límites tradicionales del aula y abrir la puerta a una forma nueva de enseñar y aprender. Una forma que no solo use tecnología, sino que la habite. Que la convierta en puente, en espacio, en experiencia viva. Una educación más activa, más inmersiva, y, en el fondo, más humana.

REFERENCIAS

1. Makransky G, Mayer RE. Benefits of immersive virtual reality in learning science: A systematic review. *Applied Cognitive Psychology. 2022;36(3):471-85.* <https://doi.org/10.1002/acp.3903>
2. Alvarado MAG. IA´ Tools for the development of investigative skills. *LatIA 2023;1:17-17.* <https://doi.org/10.62486/latia202317>.
3. Bair E, Stenerson M, Skolnik A. Using BioDigital Human in biology instruction: engaging students in immersive anatomical exploration. *Journal of Science Education and Technology. 2022;31(3):373-83.* <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09942-y>
4. Boutahir MK, Hessane A, Lasri I, Benchikh S, Farhaoui Y, Azrou M. Dynamic Threshold Fine-Tuning in Anomaly Severity Classification for Enhanced Solar Power Optimization. *Data and Metadata 2023;2:94-94.* <https://doi.org/10.56294/dm202394>.
5. Bowman ND, Jones ML, McMahan T, et al. Virtual nature as an educational tool: exploring environmental science concepts in immersive settings. *Environmental Education Research. 2023;29(2):289-304.* <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2049782>
6. Cabero J, Llorente MC. Formación docente y tecnologías emergentes: retos para la enseñanza en contextos digitales. *Comunicar. 2020;28(65):25-34.* <https://doi.org/10.3916/C65-2020-02>
7. Cano CAG, Castillo VS. Systematic review on Augmented Reality in health education. *Gamification and Augmented Reality 2023;1:28-28.* <https://doi.org/10.56294/gr202328>.
8. Castillo JIR. Augmented reality in surgery: improving precision and reducing risk. *Gamification and Augmented Reality 2023;1:15-15.* <https://doi.org/10.56294/gr202315>.
9. Cobo C. La brecha digital en América Latina: nuevos desafíos para la equidad educativa. *Revista Iberoamericana de Educación. 2021;87(2):61-77.* <https://doi.org/10.35362/rie8724689>
10. De Jong T, Linn MC, Zacharia ZC. Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science. 2021;371(6524):eaba7294.* <https://doi.org/10.1126/science.aba7294>
11. Dengel A, Essel M, Chouhan J. Teacher readiness for immersive learning: A review of challenges and support systems. *Education and Information Technologies. 2022;27:12075-95.* <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11090-5>
12. Fowler C. Virtual reality and learning: where is the pedagogy? *British Journal of Educational Technology. 2015;46(2):412-22.* <https://doi.org/10.1111/bjet.12135>
13. Gonzalez-Argote D, Gonzalez-Argote J, Machuca-Contreras F. Blockchain in the health sector: a systematic literature review of success cases. *Gamification and Augmented Reality 2023;1:6-6.* <https://doi.org/10.56294/gr20236>.
14. Lee L-H, Braud T, Zhou P, Wang L, Xu D, Lin Z, et al. All one needs to know about Metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *Journal of Latex Class Files. 2021;18(1):1-52.* <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.05352>
15. Líbano JM, Campusano NG, Castillo JP, Oyanedel JC, Cabrera MMY. Psychometric Properties of the Social Media Addiction Scale (SMAS) on Chilean University Students. *Data and Metadata 2023;2:91-91.* <https://doi.org/10.56294/dm202391>.
16. Makransky G, Terkildsen TS, Mayer RE. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction. 2019;60:225-36.* <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
17. Merchant Z, Goetz ET, Cifuentes L, Keeney-Kennicutt W, Davis TJ. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers &*

Education. 2014;70:29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>

18. Ministerio de Educación del Ecuador. Currículo de Bachillerato General Unificado. Quito: MINEDUC; 2016.
19. Ministerio de Educación del Ecuador. Lineamientos para el desarrollo del currículo integrado. Quito: MINEDUC; 2022.
20. Neves VR, Djament L. Benefits of the use of telemedicine in patients with obesity: A systematic review. *Gamification and Augmented Reality* 2023;1:4-4. <https://doi.org/10.56294/gr20234>.
21. Passig D, Eden S. Enhancing the induction of empathy through virtual reality. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*. 2020;13(1):1-16.
22. Quispe JFP, Huamantumba CFG, Huamantumba EG, Huamantumba AG, Serquen EEP, Carbajal LVR, et al. Quantitative Evaluation of the Impact of Artificial Intelligence on the Automation of Processes. *Data and Metadata* 2023;2:101-101. <https://doi.org/10.56294/dm2023101>.
23. Radianti J, Majchrzak TA, Fromm J, Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*. 2020;147:103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
24. Ramírez LÁ. Artificial Intelligence in Psychological Diagnosis and Intervention. *LatIA* 2023;1:26-26. <https://doi.org/10.62486/latia202326>.
25. Riva G, Wiederhold BK. Virtual reality in the treatment of mental disorders: A review of current evidence. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2019;22(3):182-91. <https://doi.org/10.1089/cyber.2019.0001>
26. Rodríguez-Pérez JA. Augmented reality as an accessory technology in surgery. *Gamification and Augmented Reality* 2023;1:27-27. <https://doi.org/10.56294/gr202327>.
27. Sinisterra DV, Barrientos KJ, Villota MAL. Benefits and challenges of artificial intelligence in the Colombian health system. *LatIA* 2023;1:25-25. <https://doi.org/10.62486/latia202325>.
28. Slater M, Sanchez-Vives MV. Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*. 2016;3:74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
29. Suárez YS, Alawi AM, Ricardo SEL. Hospital processes optimization based on artificial intelligence. *LatIA* 2023;1:19-19. <https://doi.org/10.62486/latia202319>.
30. Tapia JVM, Gallo VHP, Morales NEM, Chavarrea TLP. Comparison between CAD-CAM and conventional techniques in the manufacture of fixed zirconia prostheses. *Data and Metadata* 2023;2:90-90. <https://doi.org/10.56294/dm202390>.
31. Torres ER, Rodríguez RC, Briñez ET. Use of AI to improve the teaching-learning process in children with special abilities. *LatIA* 2023;1:21-21. <https://doi.org/10.62486/latia202321>.
32. Triantafyllou SA. A detailed study on implementing new approaches in the Game of Life. *Data and Metadata* 2023;2:95-95. <https://doi.org/10.56294/dm202395>.
33. UNESCO. Marco de competencias de los docentes en materia de TIC. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura; 2021.
34. Villarroel J, Briones G. Didáctica de las Ciencias Naturales para la educación media. Quito: Ediciones Universitarias; 2019.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Andrea Eloisa Monroy Villon.

Curación de datos: Andrea Eloisa Monroy Villon.

Investigación: Andrea Eloisa Monroy Villon.

Supervisión: Andrea Eloisa Monroy Villon.

Validación: Andrea Eloisa Monroy Villon.

Redacción - borrador original: Andrea Eloisa Monroy Villon.

Redacción - revisión y edición: Andrea Eloisa Monroy Villon.