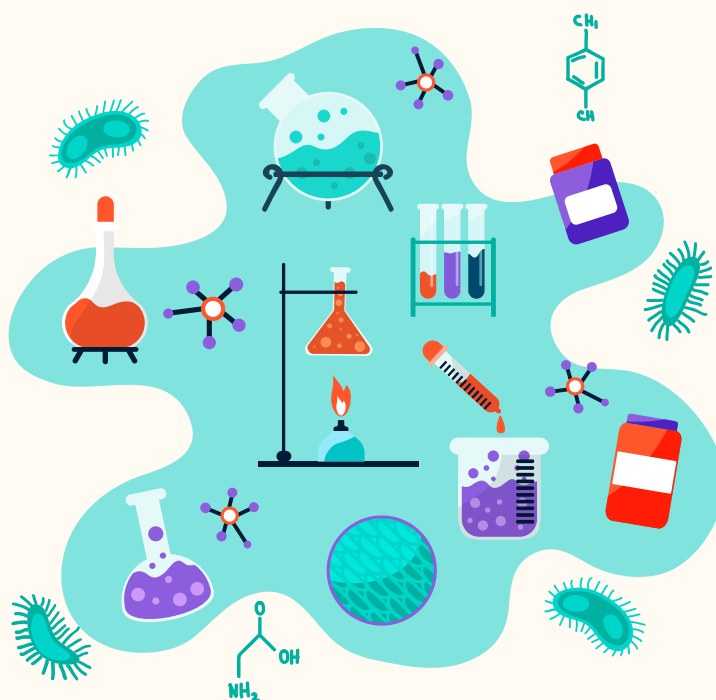


Las simulaciones: ¿Una estrategia para potenciar el aprendizaje significativo de las Ciencias?





Introducción

En el marco de la propuesta Docentes Investigadores, este texto tiene el objetivo de compartir con colegas y la comunidad educativa experiencias y saberes teóricos y prácticos acerca del uso de los simuladores en el campo de las Ciencias. El documento recupera reflexiones y aprendizajes que se desprenden de la práctica de una docente que se desempeña hace 18 años dentro del departamento de ciencias en la Escuela Escocesa San Andrés (EESA), una escuela secundaria privada bilingüe ubicada en la zona norte del Gran Buenos Aires.

Las simulaciones, como se destaca en este material, son herramientas esenciales en la educación actual, ya que permiten a los estudiantes interactuar con conceptos complejos de manera práctica y visual, facilitando así un aprendizaje más profundo y significativo. Dirigido especialmente a los profesores del área de ciencias naturales, este documento tiene como objetivo proporcionar estrategias y recursos que potencien la enseñanza y el aprendizaje en sus aulas. Con su publicación, se espera fomentar una adopción más amplia y efectiva de estas tecnologías, enriqueciendo la experiencia educativa y preparando mejor a los estudiantes para los desafíos científicos y tecnológicos del futuro.

¿Qué es una simulación?

Las simulaciones constituyen representaciones dinámicas generadas por computadora que modelizan un proceso, componente o fenómeno del mundo real, a través de herramientas que median y facilitan la interacción entre los modelos del estudiantado y los modelos científicos (López Simó y Pintó Casulleras, 2017a). Para ello, usan recursos visuales y recursos digitales que permiten funciones de interactividad, dinamismo o representaciones 3D.

Las simulaciones pueden brindar oportunidades de aprendizaje en la educación científica, en tanto permiten al estudiantado acercarse a los fenómenos de manera virtual, a la vez que manipulan o modifican parámetros que de otro modo serían imposibles de observar (López Simó y Pintó Casulleras, 2017a).

En definitiva, las simulaciones son programas computacionales que representan en menor o mayor medida la realidad, y que permiten intervenir dicha realidad cambiando los valores de sus variables y experimentar de manera virtual los efectos de estos de estos cambios.



¿Por qué hablar del uso de las simulaciones en la escuela hoy?

El uso de simulaciones tiene un potencial particular considerando su capacidad para ofrecer experiencias de aprendizaje inmersivas y accesibles que de otro modo serían difíciles o imposibles de replicar en un aula tradicional. Las simulaciones permiten a los estudiantes interactuar con conceptos abstractos o complejos de una manera que facilita la comprensión profunda y la aplicación práctica del conocimiento. Además, estas herramientas tecnológicas fomentan el desarrollo de habilidades críticas como el pensamiento analítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones en un entorno seguro donde los errores son oportunidades de aprendizaje.

En un mundo cada vez más digital y globalizado, las simulaciones también preparan a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI, al brindarles la oportunidad de experimentar escenarios realistas y desarrollar competencias tecnológicas que serán esenciales en su vida profesional. Además, el uso de simulaciones permite personalizar el aprendizaje, adaptándose al ritmo y estilo de cada estudiante, lo que contribuye a una educación más inclusiva y equitativa. Preguntarnos por el uso de estas herramientas en la escuela es, por lo tanto, cuestionar cómo podemos aprovechar al máximo las innovaciones tecnológicas para mejorar la calidad y la eficacia de la educación, y garantizar que todas y todos los estudiantes estén preparados para el futuro.

¿Qué nos dice la investigación educativa sobre el uso de simulaciones en la escuela?

El uso de los simuladores ha sido ampliamente investigado y se han hecho diversos estudios sobre el efecto de su implementación en el aula. Estas investigaciones se han hecho considerando distintas variables: por género, por edad, por materia, según el nivel de capacitación de los docentes, según si el trabajo se hace de a pares, individual o en grupo. La forma de medir el impacto difiere de una investigación a otra. Por ejemplo, mientras algunas investigaciones miden el compromiso que termina teniendo el estudiante con el tema estudiado, en otras se analiza el resultado académico. Todos los trabajos analizados muestran en mayor o menor medida un impacto positivo del uso de simuladores en la enseñanza de las ciencias naturales. Si bien los hallazgos son generalmente consistentes, algunos estudios señalan que el impacto es mayor en alguna materia que en otra, por ejemplo en biología, según el estudio de Firas Almasri (2022), o en física, según el estudio de Hillmayr et al. (2020). Más allá de estas diferencias, la bibliografía coincide en que el impacto del uso de simuladores es mayor cuando los docentes están más capacitados en su uso.

En el estudio de Firas Almasri (2022) se analiza el compromiso que logra la simulación con el tema de estudio para estudiantes universitarios del Golfo Pérsico según género, materia de ciencias y método preferido de aprendizaje. La investigación concluye que los estudiantes que prefieren aprender haciendo (el estilo kinestésico) se involucraron fuertemente con el aprendizaje a través de simulaciones interactivas por computadora.

La publicación de Nico Rutten, Wouter R. van Joolingen, Jan T. van der Veen (2011) *The learning effects of computer simulations in science education*, ofrece meta-análisis de 510 publicaciones con foco en cómo el uso de simulaciones por computadora puede mejorar la educación tradicional, y cómo las simulaciones por computadora se utilizan para mejorar los procesos y resultados de aprendizaje. Según esta publicación, se obtuvieron resultados positivos cuando las simulaciones fueron utilizadas para reemplazar o mejorar las clases magistrales tradicionales. Asimismo, el meta-análisis destaca el uso de simulaciones como actividad preparatoria para prácticas reales de laboratorio, en tanto se encontraron efectos positivos para la comprensión de la tarea de laboratorio y sus habilidades prácticas. Sin embargo, la adquisición de habilidades de laboratorio es a menudo un objetivo de aprendizaje en sí mismo que no puede ser reemplazado completamente por el uso de simuladores. La publicación señala, además, que las habilidades de los profesores son claves para el desarrollo y uso de las simulaciones en todo su potencial.

El meta análisis de Delia Hillmayr, Lisa Ziernwald, Frank Reinhold, Sarah I. Hofer, Kristina M. Reiss (2020) *The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools*, se preguntó por la evidencia sobre el uso de la tecnología en la mejora del aprendizaje en matemáticas y ciencias en la escuela secundaria. En este caso, se comparó el resultado de aprendizaje de los estudiantes que utilizan herramientas digitales con los de un grupo control al que se les enseña sin su uso. Si bien se hallaron resultados positivos en el aprendizaje de los estudiantes, se observó que el efecto fue mayor cuando se utilizaron herramientas digitales además de otros métodos de instrucción y no como sustituto. El estudio señala, además, que la formación de los docentes sobre el uso de estas herramientas modera significativamente el efecto general. Otros resultados relevantes de este estudio indican que los efectos fueron significativamente positivos en todas las asignaturas analizadas y en los distintos niveles, aunque el beneficio fue mayor para las clases de física y en la educación secundaria. Además, el análisis destaca que los estudiantes tendían a beneficiarse más si las herramientas digitales se utilizaban de a pares y en conjunto con otros métodos de instrucción.

En la publicación de D'Angelo, et al (2014) *Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis*, se realiza una investigación de casos donde se compara la instrucción basada en simulaciones en comparación con una instrucción sin uso de simulaciones. Los resultados dan cuenta de un efecto moderado a fuerte en el logro académico de los estudiantes cuando se hizo uso de simulaciones. También se encontró

un efecto mayor si las simulaciones se modificaban para incluir andamiaje adicional e instancias de retroalimentación para el alumno.

Rosales Guamán, et al (2023) escribieron un artículo donde examinan el uso de recursos de las Tecnologías de la información y comunicación (TIC's) en la enseñanza de la física, examinando su impacto en el aprendizaje de los estudiantes, las ventajas que ofrecen y las consideraciones importantes para su implementación mediante el análisis de estudios previos. Para ello, usaron diversos simuladores, como Phet, Physics Classroom, Interactive Physics, Phyz, The Physics Aviary y Virtual Physics lab. Los investigadores observaron que los simuladores en línea proporcionan a los estudiantes la oportunidad de experimentar fenómenos físicos de forma interactiva, permitiéndoles visualizar conceptos abstractos y comprender mejor los principios fundamentales de la física. Al interactuar con los simuladores, los estudiantes accedieron a la posibilidad de explorar escenarios y realizar experimentos virtuales, fortaleciéndose su comprensión conceptual.

Por otro lado, Julián Guillermo, Paredes-Navia, Manuel Fredy, Molina-Caballero en *Enseñanza de la cinética química por medio de simulaciones y aprendizaje activo* (2019) presentan una propuesta de implementación de actividades experimentales y de simulación para la enseñanza-aprendizaje de los factores que modifican la velocidad de una reacción química, utilizando como fundamento los principios de la metodología del aprendizaje activo. Los autores observan un impacto positivo y favorable en el rendimiento y adquisición de conocimiento de los conceptos abordados, como así también en el desarrollo de capacidades intelectuales y procedimentales, que estimulan la proposición, la confrontación, la comunicación y el desarrollo de ideas.

En resumen, la evidencia presentada en los artículos revisados destaca los efectos positivos del uso de simuladores en la enseñanza de las ciencias naturales, especialmente en el desarrollo del pensamiento crítico y la comprensión de conceptos complejos. Sin embargo, también subrayan la importancia de contar con docentes capacitados, o al menos familiarizados, con las herramientas de simulación para maximizar su impacto. Una de las lecciones prácticas más relevantes es precisamente esta: la familiarización con las simulaciones es clave para su implementación exitosa. No se trata solo de dominar la tecnología, sino de perder el miedo a utilizarla, practicar antes de las clases y así ganar confianza para guiar a los estudiantes de manera efectiva. Es importante también adaptar estas simulaciones a las necesidades de nuestros propios estudiantes, pensando actividades que nuestros alumnos puedan realizar a partir de la simulación.



¿Qué nos dice nuestra experiencia?

En este apartado, compartimos la experiencia de nuestra escuela en la implementación y uso de simulaciones en el aula de ciencias. Para ello, se explora cómo estas herramientas han sido integradas en las prácticas pedagógicas, a partir de un recorrido por los desafíos enfrentados y los logros obtenidos al incorporar simulaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En nuestra escuela, dentro del departamento de Ciencias del nivel secundario, el uso de simuladores tiene ya cierto tiempo. Si bien al inicio esto se dio de manera esporádica y no sistemática, con la llegada de la pandemia tuvo lugar el uso extensivo de muchas simulaciones ante la necesidad de reemplazar todas las actividades prácticas que hacíamos en el aula. La escuela tiene un programa de ciencias de alto uso de laboratorio, y la pandemia exigió buscar estrategias para reemplazarlo. A la par, dada la situación de emergencia sanitaria y educación a distancia, muchos simuladores que solían ser pagos pasaron a ser de acceso público y surgieron muchos nuevos que otorgaban licencias extraordinarias tanto a escuelas como a profesores. En este contexto particular, el uso de simuladores comenzó a generalizarse. En las reuniones de departamento compartimos información sobre su uso e, incluso, participamos de reuniones con profesores de otras escuelas para potenciarnos unos a otros en el uso de esta herramienta.

Con el regreso de la presencialidad, hubo una necesidad de volver de inmediato a la normalidad, de volver a realizar actividades prácticas, así que las simulaciones se reemplazaron por prácticas “reales”. En el mismo momento, varias páginas que contenían simulaciones tuvieron algún cambio de tecnología de soporte. Muchas de las simulaciones que estaban programadas con tecnología más antigua no fueron migradas, y las que sí lo hicieron comenzaron a pedir un apoyo monetario.

Sin embargo, con el tiempo, comenzamos a armar prácticas y esquemas de trabajo más sistemáticos basados en simulaciones. Particularmente, optamos por las simulaciones cuando los materiales de laboratorio son difíciles de conseguir, o cuando queremos destacar algún concepto de manera visual. Por ejemplo, para analizar el efecto de la temperatura en la velocidad de reacción para química de 3er año utilizando el simulador pago Echalk o el de acceso gratuito Phet. Cabe señalar que para el uso de las simulaciones solemos armar hojas de trabajo con instrucciones claras, y no suelen durar más de una clase.

Desafortunadamente, a pesar de intentar sistematizar estas prácticas, no todos los alumnos tienen la misma experiencia ni trayectoria educativa. Como en toda escuela, lo que sucede en cada aula depende del profesor y de los tiempos particulares de cada grupo, y no todos los docentes se sienten cómodos con las simulaciones o con experiencias de laboratorio.

Si bien no hemos realizado una evaluación del efecto de las simulaciones en el aprendizaje de las ciencias, notamos que en los casos que se hacen las 3 instancias de enseñanza de un tema (teoría, uso de simulación y experiencia práctica), los alumnos llegan a la práctica con las ideas más claras, aun cuando la experimentación no sale como se espera. Por ejemplo, este es el caso de la práctica de circuitos eléctricos. Cuando hacemos la experiencia práctica solemos tener muchos inconvenientes: se rompen los cables, el amperímetro se conecta con la polaridad equivocada, los resultados tienen errores e incertidumbres propios de la experimentación, o bien las lamparitas se queman porque se subió demasiado el voltaje en la fuente variable. Notamos que los alumnos comprenden mucho más qué está sucediendo, a pesar de los inconvenientes, cuando ya han realizado la simulación en computadora.

Por otro lado, nos ocurre un efecto indeseado al medir en la experiencia práctica voltaje en circuitos paralelos. Al hacer este ejercicio, los estudiantes rápidamente señalan que no dieron valores iguales (tal como les dio en la simulación, y tal como es la teoría), cuando la diferencia es en realidad insignificante. En el simulador, los resultados son ideales. Este es uno de los puntos que debemos tener siempre presente cuando los usamos, ya que es muy difícil que un simulador represente la realidad completamente. El simulador nos ayuda a ordenar y a entender el ideal de determinado tema. La experimentación junto a la simulación nos ayuda a comparar y a contrastar para enriquecer el conocimiento.

A pesar de que en el último tiempo hemos intentado sistematizar el uso de los simuladores para todas las divisiones, con uso de prácticas escritas compartidas entre los profesores, encontramos una dificultad: nos pasa a menudo que cuando queremos volver a usarlos (típicamente al año siguiente), la página que contenía el simulador no existe más. Esta situación recurrente implica a los docentes la necesidad de chequear siempre el acceso a los simuladores online con anterioridad a su uso en el aula.



Ideas para la acción

- Antes que nada: animarse a entrar en una simulación. Hay muchas y muy variadas que se encuentran en la web y son gratuitas.
- Probar y jugar de manera individual, antes de intentar realizar la simulación frente al aula. Un profesor preparado es de mucha más utilidad que uno que nunca usó la simulación anteriormente.
- Probar la simulación con anterioridad antes de cada clase, ya que tienen modificaciones periódicas, e incluso muchas veces se dan de baja.
- Muchas veces las simulaciones contienen algún protocolo de uso. Es recomendable probar si el protocolo es útil para el uso en el aula y, de ser así, adaptarlos según nivel, alcance pretendido y tiempo disponible.
- Lo ideal es que estas simulaciones se realicen de a pares, tanto para facilitar el acceso a dispositivos digitales, como por la ayuda que los estudiantes pueden darse trabajando juntos.
- Las simulaciones no deberían ser simplemente una instancia de juego: se recomienda que los alumnos trabajen sobre alguna actividad organizada, que deban extraer datos, graficarlos y llegar a conclusiones.
- Las simulaciones no deberían considerarse como una estrategia que reemplace las prácticas de laboratorio, sino como una herramienta que las potencia. Las simulaciones permiten a los alumnos acceder y comprender la explicación en una 'situación ideal', pero no reemplaza la experiencia práctica.
- Periódicamente, realizar búsquedas en la web sobre el uso de simuladores. Con frecuencia se discute este tema en diferentes foros, donde se encuentran nuevas situaciones y protocolos de uso.

Para seguir pensando la práctica

En este listado se presentan simuladores online y abiertos:

- <https://www.olabs.edu.in/>
- <https://phet.colorado.edu/>
- <https://simpop.org/>
- <https://chemcollective.org/>
- <https://labovirtual.blogspot.com/>
- <https://interactives.ck12.org/simulations/physics.html>
- https://www.exactas.unlp.edu.ar/para_experimentar
- <https://www.physicsclassroom.com/>
- <https://vlab.amrita.edu/index.php>
- <https://www.chm.davidson.edu/vce/>

Ejemplos de uso de simulaciones en diversos temas de Ciencias

- Para estudiar la conservación de energía mecánica: [ver ejemplo aquí](#)
- Para hacer cálculos de energía que gastan los electrodomésticos: [ver ejemplo aquí](#)
- Para estudiar y trabajar los gases ideales: [ver ejemplo aquí](#)
- Para estudiar Osmosis: [ver ejemplo aquí](#)
- Para estudiar y trabajar concentración en química: [ver ejemplo aquí](#)
- Experimento para determinar fórmula empírica: [ver ejemplo aquí](#)
- Determinación gravimétrica de arsénico: [ver ejemplo aquí](#)
- Para trabajar Ley de Hooke: [ver ejemplo aquí](#)
- Para trabajar problemas de termoquímica: [ver ejemplo aquí](#)
- Para trabajar la ley de Ohm: [ver ejemplo aquí](#)

Preguntas abiertas para seguir pensando

- ¿Las simulaciones son igualmente útiles si tenemos la posibilidad de hacer la experimentación de manera práctica?
- ¿El uso de simuladores en el aula generan distracción?
- Al ser situaciones ideales, ¿el uso de simuladores pueden generar falsas expectativas?
- Si no tenemos acceso a computadores, ¿será útil el uso de simuladores en grupos grandes?
- ¿Que hacemos como profesores si no hay internet en el momento de usarlas o si hay problemas técnicos que no podemos resolver?
- ¿Cómo podemos medir cuantitativamente la mejora académica del uso de simuladores?

Referencias

- Almasri, F. (2022). Simulations to teach science subjects: Connections among students' engagement, self-confidence, satisfaction, and learning styles. *Education and Information Technologies*, 27(5), 7161-7181.
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., & Haertel, G. (2014). Simulations for STEM learning: Systematic review and meta-analysis. *Menlo Park: SRI International*, 5(23), 1-5.
- Guamán, A. V. R., Cumbicos, K. M. C., Palacios, H. F. M., & Peralta, S. R. T. (2023). El uso de simuladores en línea para la enseñanza de la física: una herramienta educativa efectiva. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1488-1496.



Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 103897.

Paredes-Navia, J. G., & Molina-Caballero, M. F. (2019). Enseñanza de la cinética química por medio de simulaciones y aprendizaje activo. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (45), 71-88.

Rutten, N., Van Joolingen, W. R., & Van Der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & education*, 58(1), 136-153.

Acerca de la autora

Paula Daurat. Soy docente de una escuela secundaria privada bilingüe de la zona norte del Gran Buenos Aires desde hace 18 años, donde me desempeño en el departamento de ciencias en la enseñanza de química. Además, soy Ingeniera Química y he trabajado en la industria privada en funciones ligadas al uso de programas de automatización, planificación y optimización. Mi desafío actual es incorporar la programación en la enseñanza de las ciencias, buscando innovar y enriquecer el aprendizaje de mis estudiantes. Sumada a la pasión por la enseñanza, mi lado artístico me motiva a explorar la posibilidad de vincular el arte con las ciencias naturales, intentando despertar entre mis alumnos un interés más profundo por la química y las ciencias en general.

Este documento puede utilizarse libremente citando a la autora:

Daurat, P. (2025). "Las simulaciones: ¿una estrategia para potenciar el aprendizaje significativo de las Ciencias?" Documento N° 19. Proyecto *Las preguntas educativas: ¿qué sabemos de educación?* Buenos Aires: CIAESA.

Revisión: Axel Rivas y Carolina Semmoloni

"Las preguntas educativas: ¿qué sabemos de educación?" es un proyecto del Centro de Investigación Aplicada en Educación San Andrés (CIAESA), iniciativa de la Asociación Civil Educativa Escocesa San Andrés, con la coordinación académica de la Escuela de Educación de la Universidad de San Andrés. El CIAESA busca mejorar las prácticas, los procesos y los resultados de la educación en Argentina y América Latina. Los proyectos que desarrolla están guiados por la vocación de contribuir al debate educativo con conocimientos científicos rigurosos y aplicados al uso práctico de los distintos actores del sistema educativo.

En el 2024, junto con la Escuela Escocesa San Andrés (EESA) y en el marco del proyecto "Las preguntas educativas", el CIAESA lanzó 'Docentes Investigadores', una propuesta que busca favorecer y fortalecer el trabajo de investigación colaborativa entre docentes poniendo a disposición de la comunidad educativa saberes y experiencias pedagógicas orientadas a mejorar las prácticas de enseñanza.

Para más información acerca de CIAESA: udesa.edu.ar/ciaesa

Para más información acerca de Las Preguntas Educativas: <https://laspreguntaseducativas.com>

