

Percepción de estudiantes de secundaria sobre la aplicación del simulador PhET en el aprendizaje de la química

Marizol García Huamán^{1*}, Jhakeline Yovanna Vilagarrafa¹, Julio César Chalco Fernández²,
Raúl Apaza Meneses¹, Flavio Ricardo Sanchez Ortiz¹

¹ Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú.

² Universidad Continental.

*Autor para correspondencia: Marizol García Huamán, marizol.garcia@unsaac.edu.pe

(Recibido: 11-12-2023. Publicado: 31-12-2023.)

DOI: 10.59427/rcli/2023/v23cs.4317-4323

Resumen

El objetivo del presente artículo es analizar la percepción de los estudiantes de secundaria sobre la aplicación del simulador PhET en la enseñanza de la química en una escuela secundaria pública de Cusco, Perú. El estudio fue cuantitativo, con un diseño no experimental y muestreo no probabilístico intencionado. Para el recojo de datos se utilizó una encuesta de doce preguntas aplicada a una muestra de 162 participantes. El resultado más importante señala que el mayor porcentaje de estudiantes percibe positivamente la aplicación del simulador PhET en las clases de química, ya que piensan que se trabaja más independiente, no han perdido autonomía, trabajan más intensamente y aprendieron mucho con el simulador. El resultado más importante señala que la gran mayoría de estudiantes afirma estar de acuerdo (33.3 %) y totalmente de acuerdo (24.1 %) con que el uso del laboratorio PhET permite un mayor desarrollo de las competencias relacionadas con la química. De ello se concluye que la gran mayoría de estudiantes percibe positivamente el uso del laboratorio PhET en el aprendizaje de la química porque permite un mayor desarrollo de las competencias relacionadas con esa materia.

Palabras claves: Percepción, estudiantes de secundaria, simulador PhET, aprendizaje, química.

Abstract

The objective of this article is to analyze the perception of high school students about the application of the PhET simulator in teaching chemistry in a public secondary school in Cusco, Peru. The study was quantitative, with a non-experimental design and intentional non-probabilistic sampling. To collect data, a twelve-question survey was used, applied to a sample of 162 participants. The most important result indicates that the highest percentage of students perceive positively the application of the PhET simulator in chemistry classes, since they think that they work more independently, they have not lost autonomy, they work more intensely and they learned a lot with the simulator. The most important result indicates that the vast majority of students affirm that they agree (33.3 %) and totally agree (24.1 %) that the use of the PhET laboratory allows for greater development of competencies related to chemistry. It is concluded that the vast majority of students perceive positively the use of the PhET laboratory in learning chemistry because it allows greater development of skills related to that subject.

Keywords: Perception, high school students, PhET simulator, learning, chemistry.

1. Introducción

En la actualidad la educación en general está enfrentando una evolución tecnológica y científica permanente, cuya mayor consecuencia es que la enseñanza virtual está desplazando a la presencial (Ramón et al, 2020). Muy a pesar de que ya no estamos en el periodo de pandemia. Este hecho supone una nueva configuración y adaptación de los enfoques educativos de la enseñanza. Por ello, esta nueva ola virtual educativa esencialmente va a necesitar de un constante apoyo tecnológico innovador para garantizarse un alcance mucho más amplio. En ese sentido, el uso de diversas plataformas educativas, herramientas tecnológicas y redes sociales permitirá realizar, en el caso de los educadores, un trabajo pedagógico virtual de forma cooperativa y activa (Navarro et al, 2019) y en el caso de los estudiantes, un mayor aprovechamiento de las bondades que brindan estos recursos para el aprendizaje. En un inicio, las tecnologías de la información y de las Comunicaciones (TIC) no estuvieron diseñadas concretamente para la solución de problemas del sector educativo, sino de otros ámbitos del saber humano. Sin embargo, actualmente son consideradas como herramientas esenciales de apoyo en las prácticas pedagógicas, porque permiten a los docentes encaminar a los estudiantes hacia el descubrimiento autónomo del nuevo conocimiento, acorde al contexto actual (Narvaes, 2021). Es decir, se han vuelto en un recurso pedagógico indispensable de la enseñanza (para el caso de los maestros) y una herramienta eficaz para el aprendizaje (en el caso de los estudiantes).

En específico, los laboratorios virtuales (LV) se constituyen como una herramienta pedagógica desarrollada fundamentalmente utilizando la técnica de la realidad virtual para enseñar de manera remota, con menores costos y con mayores bondades educativas. Dentro de estos LV se tienen a los simuladores PhET que hoy en día tienen gran demanda (Universidad de Colorado, 2020). El uso de laboratorios en la enseñanza de las ciencias (la química en este caso) siempre fue imprescindible, aunque caro y hasta peligroso. Con la irrupción de las TIC y la internet, la enseñanza de las ciencias se ha tenido que adaptar a este nuevo escenario, siempre buscando mayores posibilidades de desarrollo de capacidades y reducción de costos y peligros. Es aquí donde surgen los laboratorios virtuales como una opción segura y exitosa para la enseñanza y el aprendizaje. Actualmente, debido a la transición a la educación presencial hacia una virtual y mixta, se debe tomar muy en cuenta la participación activa de los estudiantes en la utilización de laboratorios virtuales desde casa (y en la misma escuela), para fomentar la experimentación, el análisis y la toma de decisiones en todo el proceso de adquisición de aprendizajes (Torres, 2016). Para ello, tanto para profesores como estudiantes, necesariamente tiene a haber una capacitación y concientización sobre su uso. Si bien, su uso demanda menores costos y riesgos, es importante saberlos manejar y sacarles el mayor provecho posible. Como se puede observar, en la última evaluación PISA; los resultados para los países latinoamericanos no fueron positivos, en comparación a otros sistemas educativos. En matemática, comunicación y ciencia, el Perú ocupa el nada expectante octavo lugar, por debajo de países como Chile, Uruguay, México o Costa Rica. Específicamente en ciencia, la situación no cambia. El promedio OCDE es de 489 y Perú tiene un resultado de 404 (por debajo del promedio) y ocupa el 64 lugar (OCDE, 2018). Quizá una de las mayores explicaciones que manejan los expertos es el problema de la desigualdad en Latinoamérica. Mientras que Uruguay tiene un sistema educativo igualitario en constante renovación, capacitación y cambio, países como Perú, Bolivia o Paraguay, no terminan por nivelar la educación de sus territorios y, por tanto, la segmentación de la misma es cada vez más pronunciada (Paúl, 2019). La desigualdad es un tema pendiente en Latinoamérica y sus implicancias no rehúyen a la educación.

En el caso peruano, en los últimos años se ha ido aplicando la prueba ECE a nivel nacional para determinar el desempeño en las diferentes áreas denominadas prioritarias por el MINEDU (2019), como matemática, comunicación y ciencia y tecnología. Los resultados muestran que en el área de Ciencia y Tecnología el 43.8% de los educandos estuvieron en inicio, el 9.7% en nivel satisfactorio y el 36.3%, en proceso. De este resultado se deduce que más del 50% de los estudiantes están en inicio y previo al inicio, que de hecho es muy alarmante. Esto, de alguna manera, indica que las estrategias de enseñanza que se están utilizando en cuanto al proceso de enseñanza no son suficientes para despertar el interés y necesidad de asimilar conocimientos nuevos en el área de ciencia (MINEDU, 2018). Los resultados a nivel regional tampoco son los esperados. En la Región Cusco, solo el 9.2% de los educandos se ubican en un nivel satisfactorio y el 33.6% en el nivel en proceso. De estos resultados, se puede también deducir que casi el 50% de estos estudiantes se hallan en los niveles inicio y previo al inicio (MINEDU, 2018). En consecuencia, existen algunos factores que influyen de manera determinante en este deficiente rendimiento. Una causa probable se relaciona con la complejidad de los contenidos de la química, dentro del área de Ciencia y Tecnología, y, por otro lado, la enseñanza conservadora y poco eficaz de muchos maestros (Vásquez-Alonzo y Manas-sero-Mas, 2012; Del Valle, 2014). Por todo ello, los laboratorios virtuales nacen como una alternativa de solución a esta problemática porque van a permitir un mejor desarrollo de las competencias del área. A diferencia de los clásicos laboratorios físicos y dadas sus características, estos van a permitir un mayor acceso de parte de estudiantes y maestros. Si bien, en las escuelas secundarias ya se utilizan los laboratorios PhET, aun no sabemos si su uso tiene algún impacto en el imaginario colectivo e individual de los estudiantes.

En opinión de los investigadores, existe acuerdo sobre las posibilidades de éxito en el aprendizaje con el uso de las herramientas virtuales como los simuladores PhET. Por ejemplo, para Soler (2023) el uso de estas herramientas tecnológicas permite una mayor motivación y afianzamiento del aprendizaje en los estudiantes a diferencia de los clásicos. Para Terán (2022) el uso de los laboratorios PhET es determinante en el desarrollo de las competencias relacionadas con el área de C y T, porque alienta el interés por aprender de parte de los estudiantes. Por su parte, Bernal y León (2020) encontraron que, en opinión de los estudiantes, el uso del simulador PhET tuvo un impacto positivo en el aprendizaje de la química porque su desempeño fue mayor. En esa misma línea, Estrada et al. (2023) confirmaron que el uso de estos simuladores aumentaba el interés de los estudiantes y mejoraba el desarrollo de las competencias. También Aguilar et al. (2023) corroboran que los estudiantes, en su mayoría, le otorgan una valoración positiva al uso de estas herramientas en el proceso de su aprendizaje. Similares resultados obtuvieron Mejía (2022) cuando demostró que la implementación de estas herramientas fortalece de manera significativa la enseñanza y aprendizaje del área de Ciencias naturales. Por otro lado, Pozuelo et al. (2023), para el caso de los profesores, concluye que ellos perciben que esta herramienta es útil para la enseñanza, pero se debe poner mayor énfasis en la capacitación constante de los profesores. Por todo ello, objetivo general la investigación es analizar la percepción de los estudiantes de secundaria sobre la aplicación del simulador PhET en la enseñanza de la química en una escuela secundaria pública de Cusco, Perú. Los resultados van a permitir implementar políticas de mejora en la propuesta de nuevas herramientas para el aprendizaje de la ciencia y tecnología mediante el uso de plataformas tecnológicas de punta, como los simuladores virtuales.

2. Metodología

El enfoque en el que se inscribe el trabajo es el cuantitativo del tipo descriptivo y diseño no experimental. El muestreo fue no probabilístico considerando el tipo intencionado. Esta muestra estuvo conformada por 162 estudiantes del ciclo VII del área de Ciencia y Tecnología de una escuela secundaria pública del nivel secundario de la ciudad de Cusco. Los datos se recolectaron a través de un cuestionario electrónico de diseño propio de doce ítems que se ofreció a los estudiantes mediante el Google Drive como formulario electrónico. El instrumento medía la percepción de los estudiantes sobre la aplicación del simulador virtual PhET en la enseñanza de las soluciones químicas, dividida en tres dimensiones: motivación, trabajo en equipo y creatividad. Luego, se acopió los resultados en un corpus del programa Excel, para después procesar la información mediante el paquete estadístico SPSS para comprobar las hipótesis y completar los objetivos.

3. Resultados

A continuación, se muestran los resultados de la medición de la percepción por dimensiones y luego el total de la variable en cuestión. En primer lugar, analizamos resultados de la subcategoría motivación.

En la tabla 1, los resultados, respecto a la subcategoría motivación, muestran que el mayor porcentaje de respuestas afirmativas se halla en la opción de acuerdo (33.3%), seguida por en duda (25.9%) y totalmente de acuerdo (20.4%). Es decir, se puede afirmar que un porcentaje mayoritario de los estudiantes (entre de acuerdo y totalmente de acuerdo) perciben la motivación como positiva al momento de aplicar el simulador PhET en la enseñanza de la química.

Tabla 1: Percepción de los estudiantes para la sub categoría motivación.

Percepción	Cod	P	%
Totalmente en desacuerdo	1	9	5.6
En desacuerdo	2	24	14.8
En duda	3	42	25.9
De acuerdo	4	54	33.3
Totalmente de acuerdo	5	33	20.4
		162	100

Respecto a la subcategoría trabajo en equipo, en la tabla 2 encontramos que los porcentajes mayores están en las opciones en duda (25,9%) y en desacuerdo (27,8%). Es decir, la estadística da cuenta que más del 50% de los estudiantes encuestados perciben que el simulador PhET no es totalmente adecuado para el trabajo en equipo durante el aprendizaje de la química. Aunque el porcentaje de aceptación no es bajo (33,3, entre de acuerdo y totalmente de acuerdo). Se sabe que, con la vuelta a las clases presenciales, los estudiantes volvieron a estar juntos y trabajar en equipo. En ese sentido, hay varios estudios como el de Soler (2023) que opinan que si bien, el uso de estas herramientas es motivante y afianza el aprendizaje, es importante tener cuidado con la distracción especialmente en el trabajo en grupo.

Tabla 2: Percepción de los estudiantes para la sub categoría trabajo en equipo.

Percepción	Cod	P	%
Totalmente en desacuerdo	1	21	13.0
En desacuerdo	2	45	27.8
En duda	3	42	25.9
De acuerdo	4	36	22.2
Totalmente de acuerdo	5	18	11.1
		162	100

La tabla 3 muestra que para la sub categoría percepción, la mayor parte de los estudiantes encuestados está de acuerdo (40.7%) y totalmente de acuerdo (38.9%) con que la aplicación del simulador PhET en el aprendizaje de la química alienta la creatividad al momento de las prácticas. A diferencia de los dos primeros cuadros, en este la gran mayoría de los estudiantes percibe positivamente el hecho que el uso del simulador PhET alienta la creatividad durante su ejecución. Esto también es corroborado por los porcentajes menores de estudiantes que opinaron lo contrario.

Tabla 3: Percepción de los estudiantes para la sub categoría creatividad.

Percepción	Cod	P	%
Totalmente en desacuerdo	1	9	5.6
En desacuerdo	2	6	3.7
En duda	3	18	11.1
De acuerdo	4	66	40.7
Totalmente de acuerdo	5	63	38.9
		162	100

En general, la tabla 4 nos muestra la percepción total del uso del simulador PhET en el aprendizaje de la química. Como se puede apreciar en los resultados generales, la gran mayoría de estudiantes afirma estar de acuerdo (33.3%) y totalmente de acuerdo (24.1%) con que el uso del laboratorio PhET permite un mayor desarrollo de las competencias relacionadas con la química. Este resultado es revelador porque ahora se sabe que, por lo menos en la percepción de los estudiantes, el uso de estos laboratorios es positivo. Las causas pueden ser diversas. Una de estas es que la totalidad de los profesores del área de C y T de la escuela secundaria donde se hizo la investigación, están plenamente capacitados en el uso de estos laboratorios. Por otro lado, otra causa es que los estudiantes usan estos laboratorios desde iniciado el periodo de pandemia. Por tanto, su presencia dentro de las clases no es nueva. Finalmente, otra causa es que se pueden usar desde cualquier punto y sus posibilidades de repetir las prácticas son inacabables a diferencia de los físicos donde las posibilidades se reducían.

Tabla 4: ¿La aplicación del simulador PETH influye en el aprendizaje de la química?.

Percepción	Cod	P	%
Totalmente en desacuerdo	1	12	7.4
En desacuerdo	2	24	14.8
En duda	3	33	20.4
De acuerdo	4	54	33.3
Totalmente de acuerdo	5	39	24.1
		162	100

4. Discusión

Como ya se dijo líneas arriba, el siguiente estudio tuvo como objetivo el analizar la opinión de los estudiantes sobre el uso de simuladores PhET en el aprendizaje de la química en una escuela secundaria pública de la ciudad de Cusco, Perú. Esta variable se desagregó en resultados por dimensiones y uno general, que se detallan a continuación.

Con respecto a la subcategoría motivación, se ha encontrado que el mayor porcentaje de las respuestas afirmativas se halla en las opciones de acuerdo (33.3%), y totalmente de acuerdo (20.4%), aunque en duda (25.9%) preocupa de sobremanera. De ello, se puede afirmar que un porcentaje mayoritario de los estudiantes (53.7% entre de acuerdo y totalmente de acuerdo) perciben la motivación como positiva al momento de aplicar el simulador PhET en la enseñanza de la química. Las razones son diversas: trabaja más independientemente sus lecciones con el simulador PhET, que el trabajo es más intenso con el simulador; que el docente discuta mejor los temas en clase que trabajar en pequeños grupos (en coincidencia con Pozuelo et al. (2023)) o que aprendió mucho con el simulador PhET. En suma, la motivación es mayor al momento de utilizar el simulador en su aprendizaje. Estos resultados coinciden con los de Soler (2023) que afirma que el uso de estas herramientas tecnológicas permite una mayor motivación y afianzamiento del aprendizaje en los estudiantes. También Terán (2022) que sostiene que su uso constante alienta el interés por aprender de los estudiantes. En la misma línea están, Bernal y León (2020), Estrada et al. (2023) o Aguilar et al. (2023).

Con respecto a la subcategoría de trabajo en equipo se encontró que los porcentajes muestran que más del 50% de los estudiantes encuestados perciben que el simulador PhET no es totalmente adecuado para el trabajo en equipo durante el aprendizaje de la química. Ya lo dijimos líneas arriba que, con la vuelta a las clases presenciales, los estudiantes volvieron a estar juntos y trabajar en equipo. Hay varias explicaciones respecto a este resultado. El que más se colige con lo encontrado es que, a diferencia de los laboratorios físicos, los virtuales están expuestos a las posibilidades de la red que son incontrolables. Se ha demostrado que, en el trabajo en equipo, no todos los componentes del equipo trabajan adecuadamente. Si bien, son muy pocos los estudios que demuestran esto, sus conclusiones hay que tomarlas muy en cuenta. En ese sentido, tenemos el de Soler (2023) que opina que si bien, el uso de estas herramientas es motivante y afianza el aprendizaje, no hay que perder de vista los distractores especialmente en el trabajo en grupo, ya que se trabaja conectado a internet. En esa misma línea, Bernal y León (2020) encontraron que el uso del simulador PhET tuvo un impacto positivo en el aprendizaje de la química, pero que el mayor problema estaba en que la conexión a internet permitía ciertos casos de desconcentración de algunos de los componentes de los equipos.

Con respecto a la subcategoría de creatividad, la mayor parte de los estudiantes encuestados está de acuerdo (40.7%) y totalmente de acuerdo (38.9%) con que la aplicación del simulador PhET en el aprendizaje de la química alienta la creatividad al momento de las prácticas. A diferencia de los dos primeros cuadros, en este la gran mayoría de los estudiantes percibe positivamente el hecho que el uso del simulador PhET alienta la creatividad durante su ejecución. Esto también es corroborado por los porcentajes menores de estudiantes que opinaron lo contrario. Este resultado coincide con el de Soler (2023) que opina que el afianzamiento del aprendizaje en los estudiantes está directamente relacionado con su capacidad creativa. En esa misma línea, Estrada et al. (2023) confirmaron que el uso de estos simuladores mejoraba el desarrollo de las competencias y la creatividad. Similares resultados obtuvieron Mejía (2022) que demostró que la implementación de estas herramientas fortalece del aprendizaje significativo y la creatividad. Para Terán (2022) el uso de los laboratorios PhET alienta el interés y la creatividad de los estudiantes.

Finalmente, respecto a la percepción de la variable uso del laboratorio virtual PhET se ha encontrado que la gran mayoría de estudiantes afirma estar de acuerdo (33.3%) y totalmente de acuerdo (24.1%) con que el uso del laboratorio PhET permite un mayor desarrollo de las competencias relacionadas con la química. Este resultado es revelador porque ahora se sabe que, por lo menos en la percepción de los estudiantes, el uso de estos laboratorios es positivo. Las causas pueden ser diversas. Una de estas es que la totalidad de los profesores del área de C y T de la escuela secundaria donde se hizo la investigación, están plenamente capacitados en el uso de estos laboratorios. Por otro lado, otra causa es que los estudiantes usan estos laboratorios desde iniciado el periodo de pandemia. Por tanto, su presencia dentro de las clases no es nueva. Finalmente, otra causa es que se pueden usar desde cualquier punto y sus posibilidades de repetir las prácticas son inacabables a diferencia de los físicos donde las posibilidades se reducían. Estos resultados coinciden con los de Soler (2023), para quien el uso de estas herramientas tecnológicas permite una mayor motivación y afianzamiento del aprendizaje en los estudiantes. En esa misma línea, Terán (2022) está convencido que el uso de los laboratorios PhET alienta el interés por aprender de los estudiantes. También, Bernal y León (2020) y Estrada et al. (2023) demostraron que, el uso del simulador PhET tuvo un impacto más que positivo en el aprendizaje de la química y el desarrollo de las competencias. Aguilar et al. (2023) corroboraron que los estudiantes, en su mayoría, le otorgan una valoración positiva al uso de estas herramientas en el proceso de su aprendizaje. Mejía (2022) demostró que la implementación de estas herramientas fortalece de manera significativa la enseñanza y aprendizaje del área de Ciencias naturales. Finalmente, Pacheco, et al. (2021) que demostraron que al utilizar el simulador PhET el cual está asociado a múltiples actividades experimentales suscitan construir nuevos aprendizajes significativamente estructurados profundizando la conceptualización de soluciones químicas en la cognición de los estudiantes, mediante la abstracción mental entre la información implícita y caracteres macro o explícitas.

5. Conclusiones

percepción de la mayoría de los estudiantes sobre la relación motivación y el uso de los simuladores PhET en el aprendizaje de la química, es positiva. Es decir, perciben la motivación es mayor al momento de utilizar el simulador en el proceso de aprendizaje, que cuando se utilizaban los laboratorios físicos. Con respecto a la subcategoría trabajo en equipo, está comprobado que los estudiantes perciben que el uso del simulador PhET no es totalmente adecuado para el trabajo en equipo durante el aprendizaje de la química. Las razones, parece ser, están relacionadas con la vuelta a las clases presenciales (Soler, 2023). Y es que, en esta etapa, los estudiantes volvieron a estar juntos y a trabajar en equipo, pero los distractores en la red, el poco control de los padres de familia y el poco compromiso con el trabajo en equipo, aumentaron la poca concentración individual de muchos estudiantes. Esta mala praxis de la educación remota ha tenido sus secuelas en la etapa de la educación mixta. Es decir, muchos estudiantes aún conservan estos hábitos y los trasladan al trabajo en equipo. Con respecto a la subcategoría creatividad, una mayoría de los estudiantes percibe positivamente la aplicación del simulador PhET en el aprendizaje de la química, porque alienta la creatividad, especialmente al momento de las prácticas. Esto explica por qué muchos estudiantes optan por utilizar los simuladores virtuales, no solo para actividades educativas, sino para otro tipo de aplicaciones. Finalmente, respecto a la percepción de la variable uso de los simuladores virtuales PhET en el aprendizaje de la química, la gran mayoría de estudiantes percibe positivamente el uso del laboratorio PhET en el aprendizaje de la química porque permite un mayor desarrollo de las competencias relacionadas con esa materia. Es decir, su percepción general es positiva. Una explicación es que el total de profesores del área de C y T de la escuela secundaria donde se hizo la investigación están capacitados en el uso de estos laboratorios. Por otro lado, también se sabe que los estudiantes están familiarizados con el uso de estos laboratorios desde iniciado el periodo de pandemia. Por tanto, su presencia dentro de las clases no es nueva.

6. Referencias bibliográficas

- Aguilar, F., Flores, J. A. y Pacheco, D. (2023). Enseñanza en línea de las le-yes de Newton, utilizando simulaciones PhET. *Revista Innovación Edu-cativa*, 23 (92), 113-128.
- Bernal, R. M. y León, O. E. (2020). Estrategia pedagógica mediada por el si-mulador PhET para propiciar el proceso de enseñanza- aprendizaje de química del grado décimo (tesis de maestría, Universidad de santan-der). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Santander.
- Del Valle, M. (2014). Niveles de complejidad de los contenidos de ciencias naturales en las escuelas primarias (tesis de maestría, Universidad Na-cional de Córdoba). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Estrada, P. A., Aleán, A. E. y López, D. (2023). Fortalecimiento de la compe-tencia explicación de fenómenos del componente químico, a través de una secuencia didáctica con el uso del simulador PhET, en la Escuela secundaria Rural Buchadó Medio sede Alto Rosario. (tesis de maestría, Universidad de Cartagena). Repositorio Institucional de la Universidad de cartagena.
- García. J.B. (2020). Simulador PhET como herramienta de apoyo en la ense-ñanza de la física en la educación media [Tesis de maestría]. Reposito-rio Institucional de la Universidad de Santander.
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la Investi-gación. Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. Universidad Tecnoló-gica Laja Bajío.
- MINEDU, (2018). Evaluación pisa 2018-Oficina de medición de la calidad de los aprendizajes.
- Navarro, I.; González, C.; López, B. y Contreras, A. (2019). Aprendizaje cooperativo basado en proyectos y entornos virtuales para la formación de futuros maestros. *Educar*, 55(2), 519-541.
- Narváz J. (2021) Estrategia didáctica para la enseñanza de Soluciones Quí-micas mediante el uso de la plataforma de simulaciones interactivas PhET en el grado décimo de la escuela secundaria Santa Teresa de Pa-chaquiario del municipio de Puerto López – Meta.
- OCDE, (2017). Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias. Versión preliminar, OECD Publishing, Paris.
- Pacheco, A. R. , Lorduy, D. J. , Flórez, E. P. y Páez, J. C. (2021). Uso de si-muladores PhET para el aprendizaje del concepto de soluciones desde las representaciones en química. *Revista Redipe* 10(7) 201-213.
- Paúl, F. (2019). Pruebas PISA: qué dice de la educación en América Latina los malos resultados obtenidos por los países de la región. *BBC News Mundo*.

Pozuelo, J., Martín, J., Carrasquer, B., & Cascarosa, E. (2023). Percepciones del profesorado ante el uso de simuladores virtuales en el aula de ciencias. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado. Continuación De La Antigua Revista De Escuelas Normales*, 98(37.2).

Ramón Palau Jordi Mogas-Recalde Santiago Domínguez-García (2020). El proyecto GoLab como entorno virtual de aprendizaje: análisis y futuro. *Universitat Rovira i Virgili*. España.

Soler, L. M. (2023). Simulador PHET para la identificación de la estructura atómica en estudiantes de grado octavo del IED San Gabriel de Viotá, Cundinamarca (tesis de maestría, Universidad Los Libertadores). Repositorio Académico de la Universidad Los Libertadores.

Terán, Z. V. (2022). Desarrollo de la competencia de indagación en el aprendizaje de fuerza y leyes de movimiento mediante el uso de simulaciones en el laboratorio virtual PHET con estudiantes de segundo y tercer año de bachillerato de la Unidad Educativa Particular Victoria Bilingual Christian Academy (tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte). Repositorio Académico de la Universidad Técnica del Norte.

Universidad de Colorado de Boulder (24 de julio de 2022). PhET, interactive simulations. Universidad de Colorado de Boulder.

Vásquez-Alonzo, A. y Manassero-Mas, M. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 2012, 9 (1), 2-31.