

ARTÍCULO

APRENDIENDO EL LENGUAJE DE LAS ECUACIONES QUÍMICAS CON TIC EN EL NIVEL SUPERIOR

Learning the language of chemical equations with ICT in higher education

Lucero, I. I. *¹  & Delgado Ortiz, M. E. ¹ 

RESUMEN: En el marco de un proyecto de investigación basada en el diseño, se elaboran distintas secuencias didácticas de física y química para los niveles secundario y superior, que incorporan las TIC como recurso didáctico. Este trabajo presenta la implementación de una secuencia de enseñanza referida al balanceo de ecuaciones químicas, usando una simulación interactiva del sitio PhET de la Universidad de Colorado. La misma se desarrolló en un curso de Química Aplicada de primer año del Profesorado en Educación Tecnológica del Instituto de Formación Docente José Manuel Estrada de Corrientes. Los estudiantes interactuaron fácilmente con la simulación pero presentaron dificultades para elaborar argumentaciones conceptuales a partir de los procesos interactivos visualizados.

PALABRAS CLAVE: Ecuaciones químicas, Enseñanza, Recursos, Simulaciones.

ABSTRACT: Within the framework of a design-based research project, different teaching sequences of physics and chemistry are developed for secondary and higher levels, which incorporate ICT as a teaching resource. This work presents the implementation of a teaching sequence related to balancing chemical equations, using an interactive simulation of the PhET site at the University of Colorado. It was developed in a first-year Applied Chemistry course of the Technological Education Faculty of the José Manuel Estrada Teacher Training Institute in Corrientes. The students interacted easily with the simulation but had difficulties developing conceptual arguments from the interactive processes displayed.

KEYWORDS: Chemical equations, Teaching, Resources, Simulations.

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (UNNE). Corrientes, Argentina.

* Autor de correspondencia: Irma Irene Lucero. E-mail: ilucero@exa.unne.edu.ar

Como citar este artículo: Lucero, I. I. & Delgado Ortiz, M. E. (2024). Aprendiendo el lenguaje de las ecuaciones químicas con TIC en el nivel superior. *Revista FACENA* 34(1), 63-76. Doi: <https://doi.org/10.30972/fac.3417443>

Recibido/Received: 12/02/2024. Revisión: 28/02/2024. Aceptado/Accepted: 11/03/2024.

Editor asociado: María Guadalupe Cháves.

Publicado en línea: 28/06/2024. ISSN 1851-507X en línea.

INTRODUCCIÓN

En pleno siglo XXI ya nadie discute que las TIC son un recurso que se ha instalado en las aulas de todos los niveles educativos, más aún desde la pandemia del covid 19 que obligó a hacer uso de diferentes recursos tecnológicos, para llevar adelante propuestas educativas a distancia. Sin embargo, en coincidencia con Maggio (2021), este equipo viene trabajando con la idea de reinención de las prácticas de enseñanza desde antes que empezara la pandemia. Es así que, en el marco del Proyecto Incluyendo a las TIC en las aulas de ciencias experimentales de la escuela secundaria, subsidiado por la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), se busca generar secuencias didácticas de enseñanza de las ciencias naturales con uso de recursos TIC, factibles de incorporar a las aulas. La metodología de trabajo dentro del proyecto corresponde a la denominada Investigación Basada en el Diseño (Guisasola *et al.*, 2021), que pretende generar teorías de intervención en el aula; es decir, se diseñan y se ponen a prueba en contextos áulicos, secuencias didácticas, que son evaluadas empíricamente desde lo que ellas mismas contienen y las condiciones de la implementación para llevar adelante el proceso de enseñanza aprendizaje.

Si bien el proyecto prevé que las intervenciones sean en aulas de escuela secundaria, se decidió abrir el campo experimental también al nivel superior, en este caso, en aulas de formación de docentes. Esta decisión se fundamenta en que si en la Ley de Educación Nacional (2006) uno de los objetivos de la educación secundaria es: “Desarrollar las capacidades necesarias para la comprensión y utilización inteligente y crítica de los nuevos lenguajes producidos en el campo de las tecnologías de la información y comunicación”, es necesario generar modificaciones en los diseños curriculares de la formación docente. Así entonces, para que un profesor pueda generar propuestas con TIC en las aulas en pos de la alfabetización digital, debe estar preparado. La formación inicial de grado de los profesorados debe incorporar el uso de TIC necesariamente, para generar competencias docentes que le permitan abordar el ejercicio de sus prácticas con tecnologías (Roa, 2010).

Llevar la enseñanza de la Física y de la Química con TIC en asignaturas disciplinares de los profesorados, redundará en una mayor apropiación del

recurso utilizado por parte del futuro docente, pudiendo no sólo conocer sobre el mismo sino vivenciar las fortalezas y debilidades del recurso a la hora de construir aprendizajes. Él mismo, en su proceso de construcción de saberes disciplinares, puede experimentar el uso del recurso utilizado.

En esta oportunidad se presenta una secuencia didáctica para enseñar a interpretar y balancear ecuaciones químicas usando simulaciones, en la asignatura Química Aplicada correspondiente al primer año del Profesorado de Educación Tecnológica del Instituto Superior de Formación Docente (ISFD) José Manuel Estrada de Corrientes Capital.

MATERIALES Y METODOS

La secuencia diseñada se aplica en terreno y es evaluada por encuesta a los estudiantes involucrados y por observación participante, realizada por el profesor del curso que escribe el registro anecdótico al finalizar la clase. La evaluación apuntó a valorar las posibilidades de implementación, la claridad de las consignas, el trabajo autónomo y cooperativo de los estudiantes, la motivación hacia el uso de recursos TIC.

Propuesta didáctica

Se trabajó en dos cursos del espacio curricular cuatrimestral Química Aplicada correspondiente al primer año del Profesorado de Educación Tecnológica del ISFD José Manuel Estrada de Corrientes Capital. Este espacio tiene una carga horaria semanal de 3 horas reloj distribuidas en dos clases semanales y se desarrolla en formato taller, por ello se propone una metodología de trabajo donde el estudiante pueda tener una participación activa de manera tal que aprenda haciendo. El grupo es heterogéneo de multiedades, entre 18 y 40 años, algunos terminaron el secundario recientemente y otros hace más de 2 años, por lo que muchos contenidos de ciencia no les resultan familiares.

La secuencia que se presenta tiene como tema Balanceo de ecuaciones químicas. Involucra los siguientes contenidos: Modelización del cambio químico: lo que se conserva y lo que cambia en el proceso.

Ley de conservación de masas. Las reacciones químicas: representación simbólica y microscópica, significado, balanceo.

Los objetivos de aprendizaje apuntan a que el alumno sea capaz de:

- 1- Reconocer que el número de átomos de cada elemento se conserva en una reacción química.
- 2- Diferenciar reactivos de productos, coeficiente estequiométrico de subíndice.
- 3- Aprender la escritura de las ecuaciones químicas utilizando correctamente el símbolo del elemento, el coeficiente estequiométrico, las fórmulas químicas, la flecha y el signo más.

El recurso tecnológico utilizado fue la simulación “Balanceo de ecuaciones químicas” de la página Simulaciones interactivas PhET de la Universidad de Colorado Boulder, disponible en el sitio: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/balancing-chemical-equations>.

Las consignas de las actividades propuestas son la siguientes:

Con la ayuda del material de lectura “reacciones químicas” disponible en el aula virtual en la sección bibliografía realizar las siguientes actividades:

1. Ingresar al simulador “Balanceo de ecuaciones químicas” disponible en el siguiente link: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_es.html
2. Ingresar a la ventana INTRODUCCIÓN y explorar libremente para familiarizarse con los comandos.
3. En la ventana HERRAMIENTA seleccionar la balanza.
4. Balancear las ecuaciones químicas de producción de amoníaco, disociación de agua y combustión de metano, de manera tal que cumpla con la ley de conservación de masas. Capturar la pantalla de cada una de las ecuaciones balanceadas.
5. Seleccionar una de las ecuaciones químicas balanceadas del punto anterior:
 - a. Indicar en forma general que representa cada una de sus partes.
 - b. Buscar en qué estado de agregación se encuentran cada uno de los reactivos y productos e indicar cómo se simboliza dentro de ecuación química.
 - c. Indicar el nombre de cada una de las sustancias químicas de los reactivos y productos.

- d. Identificar el estado de agregación de los reactivos y productos.
 - e. Escribir nuevamente la ecuación química y agregar cómo se simboliza dentro de la ecuación química los estados de agregación de los reactivos y productos.
 - f. Escribir en palabras como se lee e interpreta.
6. Explicar cómo se relaciona el esquema de la balanza, la representación del modelo de bolas de las moléculas con la escritura de la ecuación química y la ley de conservación de masas.
 7. Ingresar a la ventana “modo juego” y realizar las actividades de los 3 niveles. Capturar la pantalla de los resultados obtenidos.
 - a. Identificar y explicar qué tipo de reacción es cada una de las reacciones químicas de cada nivel.
 - b. Escribir nuevamente cada una de las reacciones químicas de cada nivel e indicar el estado de agregación de los reactivos y productos.
 - c. Indicar el nombre de cada una de las sustancias químicas de los reactivos y productos.
 8. A modo de síntesis: después de haber trabajado con la simulación y haciendo uso de bibliografía pertinente, elaborar un texto explicativo fundamentado donde se puedan encontrar las respuestas a los siguientes interrogantes, que se dan como guía: ¿Qué importancia y/o aplicación tienen las reacciones químicas de cada nivel del punto 7? ¿Qué tipo de fenómenos/cambios son las reacciones químicas? ¿Qué diferencia a las reacciones químicas de los cambios físicos? ¿Qué reacciones químicas fueron importantes en la historia de la humanidad y dieron lugar a grandes avances tecnológicos?

Justificación didáctica

La simulación Balanceo de ecuaciones químicas de PhET Colorado cumple con las características técnicas que proponen Casellas y Guitart (2011), a saber: velocidad de ejecución, gran capacidad gráfica y visual, sencillez de uso, accesibilidad, posibilidad de interacción, representación de fenómenos y experimentos difíciles de llevar a cabo en la realidad y

modelización a escala submicroscópica de estructuras y procesos. La figura 1 es una captura de pantalla de la simulación.

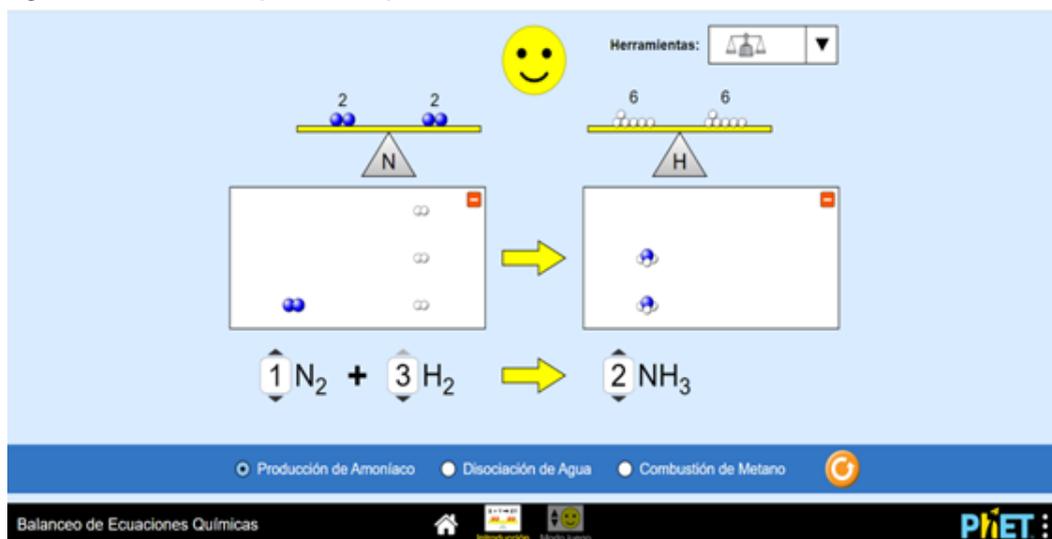


Fig. 1. Captura de pantalla de la Simulación PhET Balanceo de Ecuaciones químicas.

Para balancear las ecuaciones en la simulación “Balanceo de ecuaciones químicas” se manipulan los botones que permiten colocar los coeficientes estequiométricos correctos; para ello se utiliza como ayuda esquemática la herramienta de la balanza y la representación microscópica de las moléculas de los reactivos y productos. De esta manera, permite que los estudiantes construyan un modelo mental respecto al balanceo de las ecuaciones químicas por tanteo, que generalmente lo realiza en el papel. El trabajo en simultáneo con la representación a nivel microscópico y el simbólico, contribuye a una mejor interpretación del significado de los coeficientes estequiométricos para balancear la ecuación y su relación con la ley de conservación de las masas.

Las actividades planteadas se proponen en orden de complejidad creciente con el objetivo que los estudiantes gradualmente incorporen los conceptos que se ponen en juego, pudiendo visualizar los reactivos y productos con su representación simbólica y microscópica cada vez que aumentan o disminuyen cada uno de sus coeficientes estequiométricos y los puedan diferenciar de los subíndices de las fórmulas químicas, ya que la ventana central visualiza la representación con el modelo de esferas de los compuestos químicos en la cual cada esfera de diferente

color simboliza a cada uno de los átomos de un elemento químico, que se relaciona con los subíndices y la cantidad de cada compuesto se relaciona con la variación de los coeficientes estequiométricos. Por otra parte, es posible inferir lo que se conserva y lo que cambia en el proceso, teniendo en cuenta que los elementos de los compuestos químicos de reactivos se combinan para formar nuevos compuestos químicos como productos y que en éstos no aparecen elementos químicos diferentes a los que formaban parte de los reactivos. La escritura en el papel de las ecuaciones químicas tiene el objetivo de que los estudiantes internalicen la idea de la convención establecida para escribir las ecuaciones químicas donde omitir el número 1 (uno) para coeficientes estequiométricos y subíndices, no significa que sea cero.

RESULTADOS

Al finalizar la actividad los estudiantes completaron una encuesta online individual y anónima para registrar su experiencia con el trabajo en la simulación. Este procedimiento sirve de evaluación en terreno de la propuesta diseñada. Contestaron la misma 21 estudiantes.

Los aspectos relevantes sobre los que se consultó fueron: la claridad de las consignas, el trabajo autónomo y cooperativo de los estudiantes, la motivación hacia el uso de recursos TIC. Se dan los gráficos con los resultados referidos a estos aspectos.

Respecto de la claridad de las consignas:



Fig. 2. Comprensión de las consignas.

Puede apreciarse en el gráfico de la figura 2 que las consignas resultaron claras a los estudiantes, dado que 18 de 21 respondieron siempre y los otros 3, a veces.

Respecto del trabajo autónomo se dan dos gráficos, uno que muestra si han podido trabajar sin ayuda del docente y otro que se refiere a si fue fácil responder las actividades sin ayuda del docente.



Fig. 3. Trabajar autónomamente.



Fig. 4. Responder sin ayuda.

En la figura 3 hay una amplia diferencia entre siempre y a veces. En cambio, en la 4, la cantidad de respuestas siempre y a veces son prácticamente iguales. Puede interpretarse que los estudiantes comprenden las órdenes para manipular e interactuar con la simulación, pero presentan dificultad para realizar la actividad científica, dado que 11 de los 21 estudiantes ha necesitado de la ayuda del docente para responder a las actividades.

Sobre la motivación hacia el uso de recursos TIC para aprender, se dan dos gráficos. El de la figura 5 sobre la valoración de la actividad en general y el de la figura 6 referido a si las actividades con simulación ayudan a comprender conceptos químicos.

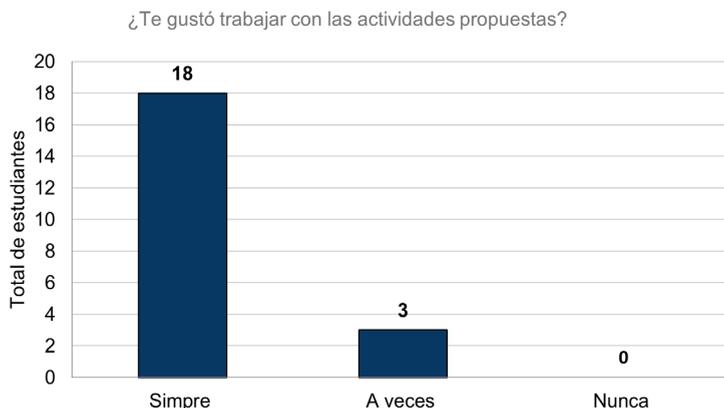


Fig. 5. Valoración de la actividad en general.



Fig. 6. Comprensión de conceptos con la simulación.

Estos dos gráficos, figuras 5 y 6, dan resultados muy favorables en cuanto a que la simulación es una actividad atrayente para los estudiantes y les ayuda a comprender los conceptos científicos.

La evaluación de la propuesta didáctica se completa con las apreciaciones recogidas en el registro anecdótico realizado por el docente a cargo de la clase. Del mismo se muestran aquí algunos resultados relevantes sobre el comportamiento de los estudiantes:

- Alta predisposición para el trabajo con recursos tecnológicos.

- Pudieron acceder fácilmente al simulador a través de sus dispositivos móviles o netbook.
- Necesitaron la constante validación del docente para la realización del trabajo.
- Solicitaron explicación sobre la interpretación de las consignas.
- Lograron reconocer y asociar la escritura de la fórmula química con su representación espacial con el modelo de bolas y como éstas se reorganizan cuando ocurre una reacción química, modificando los coeficientes estequiométricos y no los subíndices (nivel microscópico).
- Pudieron comprobar que se cumple la conservación de masas.
- En las descripciones realizadas les daba inseguridad utilizar un lenguaje coloquial y buscaban términos sofisticados.
- En las actividades finales presentaron dificultades en la redacción escrita de las explicaciones de lo observado asociando con los conceptos de química disponibles en el apunte de clase, sin embargo, de manera oral con ayuda del docente lo expresaban mejor.
- Expresaron que les resultó dinámico el trabajo en la simulación, para darse cuenta cómo cambia la unión de los átomos de cada sustancia cuando reaccionan entre sí.
- Valoraron de forma muy positiva las intervenciones de la docente cada vez que era requerida y en las orientaciones brindadas a la clase en general.

DISCUSIÓN

El contexto en el que se desarrolló la propuesta es favorable para la implementación de actividades con recursos TIC dado que el instituto cuenta con conexión wifi y los estudiantes disponen de dispositivos electrónicos, celulares o netbook del programa Conectar Igualdad, sumado a la alta predisposición del grupo para el trabajo con la tecnología. La interacción de los estudiantes con la simulación se dio rápidamente porque la misma es de fácil acceso y su interfaz gráfica es

muy amigable; razones éstas por las que fue elegida la simulación de la página Simulaciones interactivas PhET.

La guía de actividades propuestas puede parecer una lista de instrucciones que evoque un modelo conductista de enseñanza, pero esto no es así, dado que las mismas fueron diseñadas con la función de orientar el trabajo autónomo de los estudiantes para la construcción de conceptos e ideas científicas. Se busca que la manipulación de la simulación no se transforme en un juego sin sentido científico. Hay que tener presente que el joven está habituado al uso de videojuegos y por ende hay que virar la predisposición al uso de la interactividad digital hacia la postura de aprender química.

En cuanto a la dificultad de las actividades propuestas, cuando éstas se refieren a: seleccionar, buscar, indicar, identificar, que son desempeños relacionados con habilidades iniciales de pensamiento, los estudiantes se manejan con cierta autonomía. En cambio, en las actividades finales, que requieren de explicar, escribir las reacciones, interpretar el lenguaje simbólico o la representación gráfica dada en pantalla y elaborar textos escritos explicativos, las dificultades se hacen visibles y la autonomía de trabajo desaparece. Pero hay que reconocer que en este tipo de actividades es donde realmente se produce la construcción del conocimiento.

El modelo de esferas que presenta la simulación permite relacionar con el mundo microscópico y a su vez vincular éste con la escritura de la reacción química, pudiendo ejercitar, interpretar y tomar conciencia de las reglas consensuadas que caracterizan al lenguaje de la química.

CONCLUSIONES

En pleno siglo XXI las actividades de ciencias experimentales usando simulaciones digitales interactivas debería ser un hecho común en las aulas de cualquier nivel educativo. Sin embargo, eso no es tan así en nuestro medio; evidencia de ello en este caso es que los estudiantes han manifestado que es la primera vez que trabajaban con simulaciones de fenómenos físicos o químicos, habiendo transitado anteriormente toda la educación secundaria.

Coincidimos con Casellas y Guitart (2011) en que las simulaciones deben ser incorporadas a las propuestas de aprendizaje habiendo definido el docente el objetivo didáctico específico de su utilización. Esto requiere que el mismo conozca a fondo la simulación en cuanto a lo que representa la interfaz gráfica y los comandos que propone. Por otra parte, es necesario que el docente tenga bien en claro el modelo científico que explica el fenómeno involucrado en la simulación. La simulación no es un juego, sino un recurso interactivo que debe ser utilizado para pensar y favorecer la construcción de los conocimientos científicos que se quieren enseñar.

En este caso presentado la simulación se refiere las reacciones químicas y la correcta escritura de sus ecuaciones; proceso éste que se conoce como balanceo de ecuaciones químicas. Aprender a escribir una ecuación química balanceada significa interpretar correctamente “el significado de los números colocados como coeficientes delante de las fórmulas de cada sustancia (sea reactivo o producto) y de los números colocados como subíndices en las mismas fórmulas” (Vera y Petris, 2019); además escribir como fórmula cada sustancia involucrada en la reacción y distinguir los conceptos de reactivos y productos y el lugar en que se escriben dentro de la ecuación química. Es todo un lenguaje complejo que involucra símbolos, reglas de escritura y conceptos fundamentales de la química, que son totalmente ajenos al estudiante y su cotidianidad. De ahí la dificultad para los estudiantes.

Esta propuesta que busca minimizar esas dificultades presenta las características de lo que Gellon *et al.* (2018) denominan secuencia fenómeno-idea-terminología. El objetivo es que los estudiantes se familiaricen con las reacciones químicas de la simulación, exploren y jueguen orientados con la guía de actividades que les permita desarrollar las ideas fundamentales respecto al tema reacciones químicas y puedan describir con un lenguaje coloquial, en función a la prueba y error con la manipulación del simulador, para finalmente, una vez que la idea central se haya comprendido, introducir la terminología científica específica del tema.

Para finalizar es importante destacar que, si bien el trabajo con recursos tecnológicos puede ser amigable para los jóvenes, se manifiesta la dificultad para elaborar textos escritos fundamentados, que involucren explicaciones científicas, por más simples que sean éstas. Este resultado es una constante en los trabajos en terreno que el equipo de investigación ha llevado a cabo a lo largo del desarrollo del proyecto, para diferentes contenidos de física o química y en distintos contextos educativos.

Quedaría como frase final, corolario de esta investigación en terreno la siguiente: No debemos cansarnos de ejercitar la expresión oral y escrita de los estudiantes, aunque enseñemos Física y Química, y ellos deben reconocer que la Física y la Química son ciencias que explican el comportamiento de la naturaleza.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto de Investigación PI 19F001 “Incluyendo a las TIC en las aulas de ciencias experimentales de la educación secundaria”, subsidiado por la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE.

CONTRIBUCIONES DE LAS AUTORAS

María Eugenia Delgado Ortiz: diseño e implementación de la propuesta, recolección de datos, procesamiento de datos y parte de la escritura.

Irene Lucero: análisis de datos y escritura del artículo completo.

REFERENCIAS

Casellas, O. y Guitart, F. 2011. Simulaciones: Herramientas para la enseñanza y el aprendizaje en Física y Química. Cap 7. En Camaño, A. (coord.) *Física y Química Investigación, innovación y buenas prácticas*. Graó. Barcelona, España.

- Gellon, G., Feher, E., Furman, M. y Golombek, D. 2018. *La ciencia en el aula*. Siglo veintiuno. Buenos Aires.
- Guisasola J., Ametller J., Zuza K. 2021. Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(1), 1801. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/6621>
- Ley N° 26.206 Ley de Educación Nacional. 2006. *Congreso de la Nación Argentina*. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ley-de-educ-nac-58ac89392ea4c.pdf>
- Maggio, M. 2021. Educación en pandemia. Paidós. Buenos Aires
- Roa, M. 2010. Competencias del profesional docente en relación con la incorporación de las TIC en la enseñanza de la Física. Capítulo V. En Santos, G. y Stipcich, S. *Tecnología educativa y conceptualización en Física: estudios sobre interacciones digitales, sociales y cognitivas*. Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tandil.
- Universidad de Colorado Boulder. 2024. Balanceo de ecuaciones químicas. Simulación de PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, bajo licencia CC- BY-4.0 CC-BY-4.0 (<https://phet.colorado.edu>). <https://phet.colorado.edu/es/simulations/balancing-chemical-equations>.
- Vera, M. I. y Petris, R. H. 2019. Incorporación de TIC en la enseñanza de ecuaciones químicas: experiencia con alumnos de ingeniería. *Revista Educación En Ingeniería*, 14(28), 33-38. <https://educacioneningeneria.org/index.php/edi/article/view/977>