



Evaluación de Apps educativas relacionadas con el tema de balanceo de reacciones químicas

Evaluation of educational Apps related to the topic of balancing chemical reactions

Emilbus A. Uribe-Guerrero¹ y Dania R. Acosta-Mesa¹

Recepción: 07/05/2022
Aceptación: 24/01/2023

Resumen

La presencia de recursos digitales como las apps o aplicaciones móviles con un propósito educativo preciso y utilizado como herramienta complementaria a la labor docente flexibiliza y dinamiza, entre otras, el proceso de enseñanza/aprendizaje.

En este estudio, se seleccionaron y evaluaron diferentes apps educativas relacionadas con el tema de balanceo de reacciones químicas. Las apps mejor evaluadas por los docentes e incluidas dentro del proceso de enseñanza/aprendizaje de estudiantes universitarios fueron *Chem Calc - Equation Balancer & Element Dictionary* y *Chemical Equation Balance*.

La percepción general, después del uso de estos dos recursos, fue favorable y la calificación descriptiva que les otorgaron fue: motivantes, lúdicas, que diversifican la conducta del docente en cuanto a uso de recursos se refiere, que aumentan los espacios de participación por parte del estudiante e idóneas porque ayudan a mejorar su comprensión en el tema y a verificar los ejercicios que se hubiesen realizado.

Palabras clave

Software educativo, balanceo de reacciones químicas, enseñanza y aprendizaje de la química.

Abstract

Having digital resources such as apps or mobile applications with an educational purpose and used as a complementary tool to teaching, makes the teaching/learning process more flexible and dynamic, among others.

In this research, different educational apps related to the topic of balancing chemical reactions were selected and evaluated. The best apps evaluated by teachers that are included in the teaching/learning process were *Chem Calc - Equation Balancer & Element Dictionary* and *Chemical Equation Balance*.

The perception after the use of these two apps was favorable and the descriptive qualification that they were given was: The perception after the use of these two apps was favorable and the descriptive rating they were given was:

Motivating, playful, these apps diversify the behavior of the teacher in terms of use of resources, these apps increase the spaces for student's participation to help improve understanding of topics, these apps helped to verify that all exercises had been performed.

Keywords

Education software, balance of chemical reactions, chemistry teaching and learning.

¹ Departamento de Ciencias Básicas. Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. Correo de contacto: emilbusuribe@usta.edu.co

Introducción

El regreso a las aulas durante la pandemia ha generado varios cambios y procesos de adaptación tanto para docentes como para estudiantes. En la actualidad, es cada vez más común que los docentes busquen complementar sus clases con herramientas digitales, como aplicaciones educativas móviles o *apps*, porque saben que estas herramientas pueden dinamizar y motivar el aprendizaje, aumentar el conocimiento, fomentar el pensamiento crítico, la competencia sana, la creatividad, la colaboración, el análisis, la responsabilidad y la puntualidad (Morales, 2020; Villalonga Gómez y Marta-Lazo, 2015).

El proceso de selección de las *apps* que se pueden utilizar como apoyo en la labor docente está asociado inicialmente a la búsqueda exhaustiva de las mismas en Play Store o App Store, y posteriormente vinculado a su evaluación (Couoh-Novelo, 2022). Los lineamientos para la evaluación de estos recursos han sido el objeto de estudio de diversas investigaciones enfocadas en aspectos computacionales y académicos (Fernández Álvarez, 2012) que también son contemplados en este artículo. En cuanto a la parte computacional, en este trabajo de investigación, se consideraron factores como la usabilidad y accesibilidad, entre otras (iso25000.com, 2021), (Fernández Álvarez, 2012), (Couoh-Novelo, 2022), (Otamendi, Belfer, Nesbit, y Leacok, 2018).

En cuanto a la parte académica, se consideraron varios criterios al evaluar las diferentes aplicaciones móviles encontradas para el tema de balanceo de reacciones químicas, como la presentación, el diseño, la calidad de los contenidos, el apoyo a los objetivos de aprendizaje, la motivación y la retroalimentación. Este tema se considera uno de los más difíciles de comprender en los cursos de química general e inorgánica que se imparten en la Universidad Santo Tomás - USTA.

El tema de balanceo de reacciones químicas es de gran interés para la comprensión de procesos industriales, biológicos y ambientales (Seferian, 2010) y es por esto que lograr en el estudiante el fortalecimiento de habilidades como el pensamiento crítico, reflexivo y relacional ha sido el objeto de algunas investigaciones enfocadas particularmente en el tema de balanceo (Regalado-Méndez, 2014) o en el tema general de las reacciones químicas (Reyes-C y Garritz, 2006), (Chacón y Martínez, 2016).

Los objetivos del presente trabajo son: A) Brindar detalles sobre las *apps* consideradas como más eficientes, concretas, dinámicas, prácticas, con diseño sencillo, fáciles de usar y relacionadas con el tema de balanceo de reacciones químicas disponibles en Play Store o App Store, B) Conocer la percepción de los estudiantes sobre el uso de estas *apps* como un recurso auxiliar a la explicación docente, y C) Identificar si el uso de estas herramientas favorece el aprendizaje guiado, activo, relacional y motivante en los estudiantes que cursan primer y segundo semestre de programas de pregrado de Ingenierías (Industrial, Civil, Electrónica y Ambiental) de la Universidad Santo Tomás - USTA.

Entre los resultados relevantes se encuentra que tanto docentes como estudiantes consideraron a las *apps Chem Calc - Equation Balancer & Element Dictionary* y *Chemical Equation Balance* como herramientas apropiadas para consolidar el proceso de enseñanza/aprendizaje. La parte gráfica, colorida, la calidad y aplicabilidad de los contenidos, entre otras características, fueron fundamentales para que los estudiantes otorgaran una calificación y promovieran su uso.

Metodología

La metodología aquí empleada es similar a la utilizada por Manivel-Chávez et al. (2021), quienes hicieron un estudio de tipo cualitativo con alcance descriptivo y relacionado con el uso de *apps* como herramientas digitales para la enseñanza de la nomenclatura inorgánica. Los resultados obtenidos por estos investigadores, fueron herramientas fundamentales para motivar y para enunciar los objetivos ya expuestos de este trabajo.

Para llevar a cabo la evaluación de las aplicaciones móviles relacionadas con el tema de balanceo de reacciones químicas, se realizó una búsqueda en Play Store y se seleccionaron 15 aplicaciones. Se evaluaron teniendo en cuenta aspectos enmarcados en la norma **ISO/IEC 25040** (ISO, 2021) y en Cháves et al. (2021), según se describe en la figura 1. Con el objetivo y los pasos de la evaluación definidos por Nesbit et al. (2002) y Otamendi et al. (2018), se diseñó una encuesta de evaluación para estudiantes y docentes (ver figura 2). Los docentes evaluaron las aplicaciones en primer lugar, seguidos por los estudiantes.

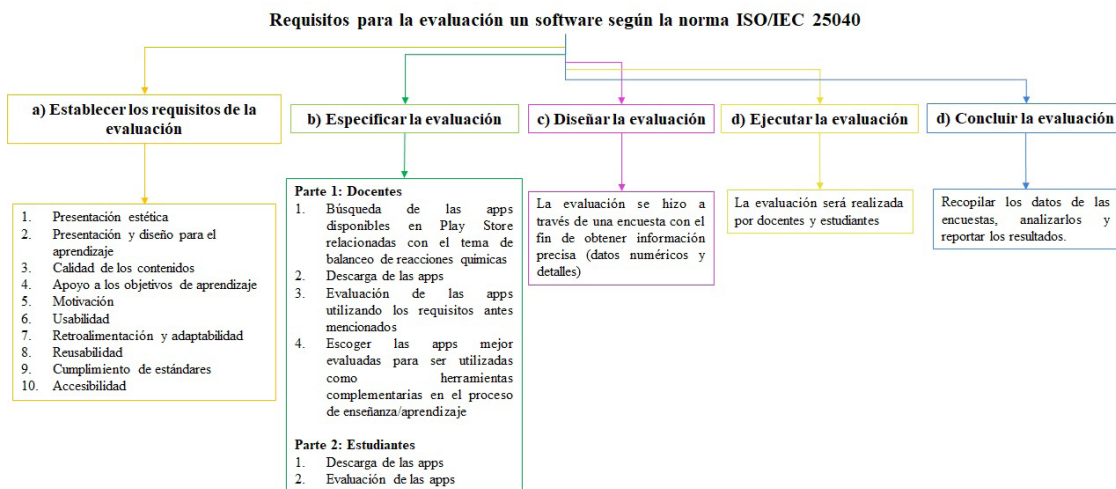


FIGURA 1. Requisitos para evaluación de un software. Fuente: Elaboración propia.

En la encuesta, tanto para docentes como para estudiantes, se evaluaron en una escala de 0 a 5 los 10 requisitos sugeridos en cada una de las referencias bibliográficas mencionadas anteriormente (ver figura 2). Además de estos criterios, se tuvieron en cuenta otros aspectos generales de las *apps*, como por ejemplo, la gratuidad, el funcionamiento después de la descarga, los requisitos del software para la instalación, el tamaño y el idioma de la aplicación, la plataforma del sistema operativo (Android o iOS), la calificación y el número de descargas de la aplicación por parte de los usuarios en general. Adicionalmente, se consultó si el funcionamiento de la *app* requería o no conexión constante a internet y si contenía o no publicidad. Todos estos aspectos (figura 2a) fueron considerados relevantes para la toma de decisiones por parte de los docentes sobre cuáles aplicaciones debían ser evaluadas por los estudiantes universitarios.

Se aplicó la encuesta (figura 2b) a 95 estudiantes de primer y segundo semestre de los programas académicos de Ingeniería Civil, Industrial, Electrónica y Ambiental de la Universidad Santo Tomás - USTA utilizando las aplicaciones seleccionadas. Todos los datos recopilados se analizaron y categorizaron en tres secciones de resultados: A) Encuestas docentes, B) Encuestas de estudiantes y C) Evaluación académica.

Las actividades de aula en las que se usaron las apps se describen a continuación:

- a) El tema de balanceo fue tratado de manera magistral por parte de las docentes, explicando inicialmente qué es una reacción química, cuáles son sus partes, la importancia de las mismas y de su balanceo.
- b) Posteriormente, se escribieron en el tablero algunas reacciones químicas sin balancear y se explicó el proceso para balancearlas por el método del tanteo.
- c) Se escribieron también algunos como ejercicios para realizar por parte de los estudiantes.
- d) Después de algunos minutos de clase otorgados para la solución de los mismos, se hizo la retroalimentación y se explicó la solución para todos los ejercicios propuestos con el fin de detectar posibles errores y escuchar dudas o inquietudes que los estudiantes hubiesen tenido.
- e) A continuación, se les solicitó a los que descargaran las apps seleccionadas previamente por las docentes y que las utilizaran para balancear los ejercicios propuestos y resueltos en el tablero. Es importante aclarar que los estudiantes no tuvieron restricciones en cuanto al número de reacciones químicas que ellos querían balancear con las apps. Algunos, incluso, buscaron ejercicios diferentes a los de la clase y compararon los coeficientes de balanceo que arrojaban las apps con los que ellos tenían.
- f) Una vez concluido el uso de las apps como herramienta para resolver diferentes ejercicios, se procedió a aplicar la encuesta a los estudiantes, cuyos resultados son presentados en la siguiente sección.

a) Encuesta para docentes						b) Encuesta para estudiantes					
Nombre de la Aplicación o App a evaluar:						Nombre de la Aplicación o App a evaluar:					
¿Es una app gratuita o de paga?						Edad de la persona que evalúa:					
¿Funciona la app al descargarla?						Número de semestre que cursa:					
¿Cuáles son los requisitos de software requerido para su instalación?						Facultad a la que pertenece:					
¿Qué tanta capacidad usa en su dispositivo móvil?						¿Usualmente maneja dispositivos con sistema operativo android o ios?					
¿Cuál es la calificación que le brindan los usuarios a la app?						¿Cuenta usted con servicio de internet móvil o wifi?					
¿Cuántas descargas ha tenido la app?											
¿Funciona la app sin conexión a internet?											
¿Tiene contenido publicitario?											
¿Cuál es el idioma de la app?											
Fecha de lanzamiento y detalles del programador											
Califique en una escala de 1 a 5 los siguientes ítems. Teniendo en cuenta que 1 es muy malo y 5 es excelente.						Califique en una escala de 1 a 5 los siguientes ítems. Teniendo en cuenta que 1 es muy malo y 5 es excelente.					
	Escala						Escala				
Ítem de evaluación	1	2	3	4	5	Ítem de evaluación	1	2	3	4	5
1. Presentación estética						1. Presentación estética					
2. Presentación y diseño para el aprendizaje						2. Presentación y diseño para el aprendizaje					
3. Calidad de los contenidos						3. Calidad de los contenidos					
4. Apoyo a los objetivos de aprendizaje						4. Apoyo a los objetivos de aprendizaje					
5. Motivación						5. Motivación					
6. Usabilidad						6. Usabilidad					
7. Retroalimentación y adaptabilidad						7. Retroalimentación y adaptabilidad					
8. Reusabilidad						8. Reusabilidad					
9. Cumplimiento de estándares						9. Cumplimiento de estándares					
10. Accesibilidad						10. Accesibilidad					
¿Cuál de todas las aplicaciones considera usted que contribuye mas con el aprendizaje de sus alumnos en el tema de balanceo de reacciones?						¿Cuál de todas las aplicaciones considera usted que contribuye mas con su aprendizaje en el tema de balanceo de reacciones?					
¿Cuál de las apps que usted instaló le gustaría sugerir como la mejor herramienta para el aprendizaje?.						¿Cuál de las apps que usted instaló le gustaría sugerir como la mejor herramienta para el aprendizaje?.					




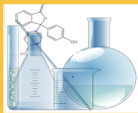





FIGURA 2. Encuesta para a) docentes y b) estudiantes. Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Encuesta de docentes

TABLA 1. 15 aplicaciones disponibles en Play Store y 6 —señaladas en color amarillo— que corresponden a las apps aquí evaluadas. Fuente: Elaboración propia

Encontramos un total de 15 aplicaciones relacionadas con el balanceo de reacciones químicas, las cuales se detallan en la Tabla 1. Es importante señalar que el número asignado a cada aplicación no refleja su calificación y solo se utiliza como una etiqueta adicional. Además, se incluyen el icono, el nombre y el enlace a la página web asociada a cada una de ellas. Todas las aplicaciones son gratuitas y se pueden descargar para su uso. No hubo problemas con el sistema operativo, ya que los docentes solo utilizaron dispositivos móviles con sistemas Android.

Nombre de la App e imagen que la caracteriza	Página web asociada con la App	Nombre de la App e imagen que la caracteriza	Página web asociada con la App
1. Chemical Balancer 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.devjoe.chemicalbalancer&hl=es_CO&gl=US	9. CHEMICAL EQUATION BALANCE 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.phuongtrinhhoaho.c.mobileapp&hl=es_CO&gl=US
2. ChemBalancer 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sagar2398gmail.patel.chembalancer3&hl=es_CO&gl=US	10. Ecuaciones químicas - juego 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ChemicalEquationsGame.com.unity.template.mobile2D&hl=es_CO&gl=US
3. Balancing Chemical Equations 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.davidlin54.chemistry&hl=es_CO&gl=US	11. Balance Chemical Equation 	https://play.google.com/store/apps/details?id=tech.fairshare.balancechemicalequations&hl=es_CO&gl=US
4. Chem. Equation Balance. 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrysalis.equationbalancer.full&hl=es_CO&gl=US	12. Balance Chemical Reaction Lite 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gga.chemistry.ads&hl=es_CO&gl=US
5. Chemical Reaction Balancer 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ysvg2tafy.chemicalreactionbalancer&hl=es_CO&gl=US	13. Chemical Equation 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.natuan.chemistryequation&hl=es_CO&gl=US
6. Balancing Equations: Crystal Clear Chemistry 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cwm.CrystalClearEquationBalancing&hl=es_CO&gl=US	14. Comprendiendo las ecuaciones químicas 	https://play.google.com/store/apps/details?id=air.EcuacionesQuimicasAPLICACION&hl=es_CO&gl=US
7. EQUATION BALANCER 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.kharblabs.balancer.equationbalancer&hl=es_CO&gl=US	15. Chem Calc - Equation Balancer & Element Dictionary 	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.yuanqi.chembro&hl=es_CO&gl=US
8. QUÍMICO ECUACIÓN CALCULADORA 	https://play.google.com/store/apps/details?id=chemistry.calculator.chemical.equationbalancer&hl=es_CO&gl=US		

Evaluación de las apps

Los docentes seleccionaron 6 de las 15 aplicaciones disponibles en Play Store, las cuales se muestran sombreadas en amarillo en la tabla 1. Para cada una de las aplicaciones No. 5, 9, 10, 11, 14 y 15, se proporcionan detalles sobre su gratuidad, requisitos de software, fecha de lanzamiento, datos del programador, número de descargas, evaluaciones de los usuarios y la nota promedio que otorgaron los docentes en la tabla 2.

La nota promedio para cada aplicación, asignada por cada docente, se calculó de la siguiente manera: A) cada profesor otorgó una calificación numérica para cada ítem de evaluación de la encuesta de docentes, que se muestra en la figura 2a; B) se sumaron sus puntajes para cada ítem y se dividió entre 10, que corresponde al total de ítems evaluados. Las notas que cada docente otorgó por aplicación se sumaron y se dividieron entre el total de docentes que las evaluaron, obteniendo así la nota promedio por aplicación que se muestra en la tabla 2. Este mismo proceso se realizó para las 6 aplicaciones seleccionadas.

Según la tabla 2, las aplicaciones *Chem Calc - Equation Balancer & Element Dictionary* y *Chemical Equation Balance* fueron las mejor evaluadas por los docentes. Además, en relación con la aplicación No. 15, los docentes destacan que aunque su calificación numérica es alta, la información que presenta está limitada únicamente a los coeficientes del balanceo de una reacción química y las masas molares de los reactivos y productos. Respecto a la aplicación No. 9, señalan que aunque es eficiente, práctica, con diseño sencillo y fácil de usar, presenta otros aspectos como la tabla de solubilidad y actividad del metal que no están directamente relacionados con el tema del balanceo de reacciones químicas, lo que podría resultar confuso para estudiantes con conocimientos químicos básicos.

TABLA 2: Detalles técnicos, operacionales y evaluativos asociados a las 6 apps seleccionadas por las docentes. Fuente: Elaboración propia.

Nombre de la aplicación o app a evaluar:	Chem Calc - Equation Balancer & Element Dictionary	Chemical Equation Balance	Balance Chemical Equation	Chemical Reaction Balancer	Comprendiendo las ecuaciones Químicas	Ecuaciones Químicas Juego
Número asociado a la app en la Tabla 1	15	9	11	5	14	10
¿Es una app gratuita o de paga?	Gratuita	Gratuita	Gratuita	Gratuita	Gratuita	Gratuita
¿Funciona la app al descargarla?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Cuáles son los requisitos de software requerido para su instalación?	SO Android 5.0 y versiones posteriores	SO Android 8.0 y versiones posteriores	SO Android 4.0.3 y versiones posteriores	SO Android 5.0 y versiones posteriores	SO Android 4.0 y versiones posteriores	SO Android 4.4 y versiones posteriores
¿Qué tanta capacidad usa en su dispositivo móvil?	11.03MB	129MB	1.61MB	2.99MB	14.12MB	24.53MB
¿Cuál es la calificación que le brindan los usuarios a la app?	No tiene una calificación.	2.7 (lenta, idioma, anuncios. No todos los que descargan evalúan)	No tiene	4.2 de calificación aunque solo tiene 40 calificaciones hasta el día 26 de febrero de 2022	No tiene	No tiene una calificación (nombre en español pero app en inglés)
¿Cuántas descargas ha tenido la app?	Mas de 100	Mas de 500000	Mas de 10000	Mas de 10000	Mas de 1000	Mas de 1000
¿Funciona la app sin conexión a internet?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Tiene contenido publicitario?	No	Sí	No	No	No	Sí
¿Cuál es el idioma de la app?	Inglés	Inglés	Inglés	Inglés	Español	Inglés
Fecha de lanzamiento	9 de Julio 2020	29 de noviembre de 2018	25 de enero de 2019	11 de julio de 2020	11 de septiembre de 2017	29 de junio de 2021
Datos del programador	Yuan Qi ykg4237@gmail.com	Melburne, Victoria, Australia binh.le@beready.academy	Fair Share IT Services Pvt. Ltd. info@fairshare.tech	Neoteric2000 tamojitas2000@gmail.com	Alfredo Ruiz Díaz ruizdiazalfredo@gmail.com	Verner Hartus verneri.hartus@gmail.com
Nota promedio otorgada a las apps por los docentes	4.7	4.5	4.3	4.2	4.0	3.3

Referente a las 9 apps no seleccionadas de la tabla 1, es posible afirmar:

- Las apps No. 1 a 3 no fueron consideradas porque requieren que se escriba de forma completa y correcta (con mayúscula y minúscula) la información de los reactivos y productos, lo que se considera que dificulta la obtención rápida de los resultados de balanceo.
- La app No. 4 no fue tomada en cuenta porque no contempla todos los elementos químicos de la tabla periódica, ya que sólo incluye elementos con números atómicos del 1 al 48.
- La app No. 6 se descartó porque no permite el balanceo de cualquier tipo de reacción química, sino que tiene un conjunto limitado de reacciones predeterminadas.
- La app No. 7 no fue considerada porque al descargarla, se puede observar que no todas las funciones están disponibles en su versión gratuita.
- La app No. 8 no fue tomada en cuenta debido a la gran cantidad de anuncios publicitarios que presenta.
- Si bien la descarga de la app No. 12 es rápida, se debe aceptar los términos de uso y políticas de privacidad, y en el proceso de pulsar la opción “aceptar” y acceder al contenido de la app, a veces pasan varios minutos e incluso en ocasiones no es posible acceder a su contenido.
- La app No. 13 permite completar información, por ejemplo, si se escribe “I” o “i”, aparecen diversas reacciones que incluyen el yodo, lo que permite buscar y seleccionar la reacción que se requiere. Esta app muestra una gran cantidad de información relacionada con isomería, tablas de solubilidad y configuración electrónica, que si bien es interesante, es adicional al balanceo de reacciones químicas y por tal razón fue descartada.

Requisitos de software y otros aspectos de las apps

Dentro de los requisitos de software necesarios para el funcionamiento de cada aplicación, se puede decir que todas requieren un sistema operativo (SO) 4.0 o posterior. Las aplicaciones *Chem Calc-Equation Balancer & Element Dictionary*, *Ecuaciones Químicas Juego*, *Comprendiendo las ecuaciones Químicas* y *Balance Chemical Equation* no tienen una calificación en Play Store, ya que la plataforma las considera aplicaciones con un nivel de madurez alto para los controles parentales. Es importante mencionar que ninguno de los docentes realizó una configuración en sus dispositivos móviles para no ver aplicaciones sin calificación en la app de Play Store. La aplicación No. 9 *Chemical Equation Balance* es la que tiene más descargas (más de 500,000), aunque es importante mencionar que no todos los que la han descargado la han evaluado (ver tabla 2). Entre los comentarios que hacen las personas que la han evaluado, se tratan temas relacionados con la velocidad de ejecución de la aplicación, el idioma en que se encuentra, el contenido y los anuncios publicitarios, entre otros. La otra aplicación evaluada por el público en general que la ha descargado es *Chemical Reaction Balancer*; sin embargo, solo cuenta con 40 calificaciones al 26 de febrero de 2022, a pesar de tener más de 10,000 descargas.

Todas las aplicaciones tienen un tamaño máximo de 24.53 MB en la memoria de los dispositivos móviles, excepto *Chemical Equation Balance*, que ocupa 129 MB. Casi todas las aplicaciones están en inglés, excepto la titulada *Comprendiendo las ecuaciones químicas*. La aplicación *Ecuaciones Químicas Juego*, aunque tiene su título en español, su contenido está en inglés y es la de fecha de lanzamiento más reciente (29 de junio de 2021), como se puede ver en la tabla 2. *Chem Calc - Equation Balancer & Element Dictionary* y *Chemical Reaction Balancer* tienen fechas de creación del 9 de julio de 2020 y del 11 de julio de 2020, respectivamente.

Es importante mencionar que todas las aplicaciones funcionan sin conexión a internet y la mayoría de ellas, excepto *Chemical Equation Balance* y *Ecuaciones Químicas Juego*, no tienen contenido publicitario, lo que las hace bastante atractivas para los docentes.

La calidad y el contenido de *Chem Calc-Equation Balancer & Element Dictionary* y *Chemical Equation Balance* son suficientes para el tema de balanceo de reacciones químicas. En cuanto al diseño y presentación, ambas son agradables a la vista, aunque *Chem Calc-Equation Balancer & Element Dictionary* no tiene colores diferentes en las letras, excepto para los coeficientes de balanceo, mientras que *Chemical Equation Balance* sí. Ambas tienen instrucciones claras y, por lo tanto, es posible considerarlas como fáciles de usar y excelentes herramientas educativas con un gran número de ejercicios. El idioma no fue una de las variables a las que los docentes les dieron tanto valor, ya que el lenguaje de las fórmulas químicas es el mismo en español o inglés. En cuanto a la capacidad de almacenamiento, los docentes no tuvieron comentarios, puesto que consideraron que si los estudiantes consideraban valiosas estas herramientas de apoyo para el balanceo de ecuaciones químicas, no tendrían problemas con la capacidad de almacenamiento requerida por las aplicaciones de la tabla 2.

Encuesta de estudiantes

Los 95 estudiantes, cuyas edades predominantes oscilan entre los 17 y 18 años, evaluaron las seis aplicaciones preseleccionadas por los docentes (tabla 2). Para ello, el docente proyectó en el tablero el nombre de cada una de ellas y sus respectivas imágenes (tabla 1). Los estudiantes tuvieron la libertad de descargar las aplicaciones en el orden que desearan y familiarizarse con ellas, identificarlas o elegir una o varias. Sin embargo, aquellos que tenían dispositivos con sistemas operativos iOS no pudieron descargar, por ejemplo, la aplicación No. 15.

Posteriormente, el docente sugirió que utilizaran las aplicaciones para verificar los coeficientes de balanceo de varias reacciones químicas que se encontraban en sus apuntes. Lo anterior, generó en los estudiantes una reevaluación de su primera elección de la mejor *app*, por las siguientes razones:

- A. Los estudiantes que eligieron la *app* No. 10 *Ecuaciones Químicas Juego* se encontraron con la limitación de no poder escribir todas las ecuaciones que tenían en su cuaderno, teniendo que limitarse a las que estaban disponibles en la *app*.
- B. Los estudiantes que optaron por la *app* No. 9 notaron que al ingresar una letra de un reactivo, la *app* les muestra una serie de opciones con diferentes reacciones y detalles, independientemente de si la letra corresponde o no al símbolo del elemento (por ejemplo, “i” en lugar de “I” para el yodo). Esto permite al estudiante observar las diferentes opciones y seleccionar la reacción que está tratando de escribir.

- C. Los estudiantes que eligieron la *app* No. 15 notaron que la información proporcionada es completa y precisa en cuanto al balanceo de coeficientes de reacciones químicas se refiere.

Al finalizar el ejercicio, se entregó a los estudiantes la encuesta que se muestra en la figura 2b. Los estudiantes revisaron los ítems que debían evaluar de forma numérica y las preguntas que debían responder: “¿Cuál de todas las *apps* considera que contribuye más al aprendizaje de los estudiantes en el tema de balanceo de ecuaciones químicas?”, y “¿Cuál de las *apps* que instaló le gustaría sugerir como la mejor herramienta para el aprendizaje?”

Los estudiantes seleccionaron dos *apps* y respondieron la encuesta, otorgando una calificación numérica para cada uno de los ítems de evaluación (figura 2b). Luego, sumaron estos puntajes, los dividieron entre 10 (el total de ítems evaluados) y finalmente, seleccionaron una de las dos *apps* con la puntuación más alta para responder las preguntas de la encuesta.

Como resultado, se encontró que el 71,6% de los estudiantes considera que las *apps* *Chem Calc-Equation Balancer and Element Dictionary* y *Chemical Equation Balance* son las que más contribuyeron a su aprendizaje sobre el tema de balanceo de reacciones químicas y las que les gustaría sugerir como herramientas de uso educativo para esta temática en particular. Este resultado coincide con la mayor puntuación de evaluación que los docentes otorgaron a estas dos *apps* en la tabla 2.

Respecto a las otras 4 aplicaciones preseleccionadas, es posible decir que *Ecuaciones Químicas Juego* (No. 10), *Chemical Reaction Balancer* (No. 5), *Comprendiendo las ecuaciones químicas* (No. 14) y *Balance Chemical Equation* (No. 11) fueron seleccionadas por el 10,5%, el 9,5%, el 4,2% y el 4,2% de los estudiantes, respectivamente, como las mejores.

Por otra parte, es posible comentar que, a diferencia de los docentes, los estudiantes detectaron que la aplicación *Chemical Equation Balance* (No. 9) es compatible con Android e iOS, mientras que la aplicación *Chem Calc-Equation Balancer & Element Dictionary* (No. 15) solo es compatible con Android, lo que le resta usabilidad en todos los dispositivos móviles. Si bien la mayoría de los estudiantes cuenta con dispositivos Android, una pequeña proporción de estudiantes utiliza el sistema iOS, por lo que es indispensable que en una próxima evaluación de herramientas móviles se cuente con dispositivos de diferentes sistemas operativos.

Respecto al uso de internet móvil o wifi, los estudiantes comentan que ambas funcionan sin conexión a internet, por lo que no ven ningún inconveniente en descargar las *apps*, ya que comprobaron que son herramientas valiosas para su aprendizaje.

Evaluación académica

Para la evaluación académica realizada por las docentes se utilizaron descriptores tales como la pertinencia, facilidad de uso, personalización, retroalimentación, autenticidad, habilidades de pensamiento, trabajo colaborativo y motivación. Estos descriptores fueron tomados de la rúbrica de evaluación disponible en Net-Learning (2018), donde se establece que el objetivo principal de la evaluación es seleccionar una aplicación que se adapte a los objetivos de enseñanza y enriquezca el proceso de aprendizaje.

De acuerdo con la información presentada en la tabla 3, se puede afirmar que la aplicación con la calificación “excelente” en cuanto a pertinencia, facilidad de uso y motivación es la aplicación No. 15, también conocida como *Chem Calc-Equation Balancer & Element*

Dictionary. Sin embargo, esta aplicación obtuvo una calificación deficiente en cuanto a retroalimentación, trabajo colaborativo y personalización.

Item	Descriptores	Aspectos tenidos en cuenta para la valoración de cada descriptor	Calificación descriptiva: Excelente		Bueno		Regular		Deficiente		
			Calificación numérica: 4	15	9	15	9	15	9	15	9
1	Pertinencia	Relación de la app con el propósito para el que fue creada y lo adecuada que pueda ser para el estudiante.	X			X					
2	Facilidad de uso	Gráficos y enlaces adecuados. Facilidad de navegación. Uso intuitivo de la misma.	X					X			
3	Personalización	La configuración de la app se puede ajustar de acuerdo a las necesidades.						X	X		
4	Retroalimentación	El estudiante obtiene una retroalimentación general o específica de las actividades realizadas.					X			X	
5	Autenticidad	Tiene actividades de la vida real en entornos auténticos y en contexto.			X	X					
6	Habilidades de pensamiento	Promueve habilidades de pensamiento de orden superior (creación, evaluación, análisis y aplicación) o de orden inferior (comprensión y memorización).		X	X						
7	Trabajo colaborativo	Fomenta el diálogo, la creación, la colaboración online del contenido.								X	X
8	Motivación	El estudiante se siente motivado al usar la app y la elige como primera opción para resolver sus tareas.	X					X			

TABLA 3. Descriptores, valoración numérica y descriptiva de la rúbrica utilizada para evaluar la calidad de las apps educativas detallada en Net-Learning (2018). El No. 15 representa la aplicación móvil *Chem Calc-Equation Balancer & Element Dictionary*, mientras que el No. 9 representa la aplicación *Chemical Equation Balance*. Fuente: Elaboración propia.

Se considera realmente importante citar algunos comentarios de los estudiantes relacionados con algunos ítems como:

a) Facilidad de uso o usabilidad: Para la aplicación No. 15, los estudiantes usaron expresiones como: “Fácil manejo”, “Muestra lo necesario”, “No es complicada de manejar”, “al momento de escribir reacciones, ella misma nos sugiere otras”, “obtención rápida de resultados”, “me parece que es la más eficiente en balanceo rápido”, “Facilita mucho el balanceo y da información importante”. Por estos comentarios, que coinciden con los de los docentes, se le otorgó una calificación de 5.

Para la aplicación No. 9, los comentarios fueron:

“No es muy práctica de usar, se tiene que buscar la ecuación”, “No es sencilla de usar al poner las ecuaciones”, “si se sabe usar la aplicación de manera adecuada puede generar una ayuda en el aprendizaje”, “tiene buenas herramientas de aprendizaje y varían las opciones dependiendo del tema”, “por su diversidad de opciones lo cual la hace una app muy completa”.

Los comentarios anteriores son solo algunos de los muchos que los estudiantes escribieron. Sin embargo, muchos de ellos coinciden en que la aplicación tiene una gran variedad de

temas de química, y que no se centra exclusivamente en el balanceo de ecuaciones, a pesar de lo que su nombre sugiere. El hecho de que se deba buscar la reacción que se desea balancear entre varias opciones puede retrasar el proceso y dificultar la obtención de un resultado rápido.

- a) Personalización:** En ninguno de los comentarios hechos por los estudiantes se habla específicamente sobre la personalización, pero sí se mencionan sugerencias en cuanto al idioma, lo que podría resolverse con modificaciones en la configuración de idioma. La *app* No. 9 puede ser utilizada en inglés o vietnamita, mientras que la *app* No. 15 solo está disponible en inglés. El uso de ambas aplicaciones es sencillo y las respuestas son precisas, por lo que ninguno de los estudiantes comentó sobre la necesidad de cambiar el idioma en la *app* No. 15. Debido a estas características, se otorga a la *app* No. 9 un puntaje de 2 y a la *app* No. 15 un puntaje de 1.
- b) Retroalimentación:** La *app* No. 15 no ofrece una explicación de por qué se seleccionaron ciertos coeficientes de balanceo y no otros en una reacción particular. La *app* No. 9, aunque no ofrece una explicación detallada de los coeficientes de balanceo, proporciona una retroalimentación general al estudiante acerca del tipo de reacción, las condiciones en las que ocurre la reacción, los reactivos y los productos, entre otros detalles. Por esta razón, se otorga a la *app* No. 9 un puntaje de 3 y a la *app* No. 15 un puntaje de 1.
- c) Autenticidad:** Ambas aplicaciones proporcionan la información necesaria para que el estudiante pueda realizar ejercicios de balanceo, siendo la *app* No. 15 más concreta en sus respuestas, lo que permite conocer las masas moleculares de cada una de las sustancias involucradas en la reacción de forma ágil.
- d) Habilidades de pensamiento:** Al buscar los coeficientes de balanceo para una determinada reacción química, la *app* No. 9 proporciona estos valores y también muestra otros detalles, como las masas moleculares y el tipo de reacción, lo que puede ser muy útil para generar curiosidad y análisis en los estudiantes. Sin embargo, puede resultar menos eficiente para la obtención inmediata de resultados en cuanto al balanceo se refiere.
- e) Trabajo colaborativo:** Ninguna de las dos aplicaciones (No. 15 o No. 9) permite el trabajo en línea para que los estudiantes realicen un trabajo colaborativo.
- f) Motivación:** Algunos de los comentarios por parte de los estudiantes fueron para la *app* No. 15:

"Es demasiado agradable a la vista", "Al entrar a la app es muy intuitiva, tiene comandos fáciles para desarrollar balanceo", "motiva a aprender más sobre balanceo", "Me incentivó a continuar aprendiendo sobre el tema y me motivó a continuar usando la app", "Respecto accesibilidad no estoy del todo satisfecha porque en dispositivos con sistema operativo iOS no es posible instalarse", "fácil portabilidad en los celulares", "Permite conocer el correcto balanceo de la ecuación, de tal forma que el estudiante puede confirmar sus resultados con los de la aplicación. También, brinda información sobre los elementos que usa. La información es puntual y organizada".

Es importante resaltar que los resultados obtenidos están asociados con el aprendizaje guiado, activo, relacional y motivante que se plantea en los objetivos, así:

Guiado: porque incluye la participación directa y principal de los estudiantes en la búsqueda, descubrimiento y asimilación de los contenidos a estudiar. (Pinto, 2009)

Activo: porque incluye la participación de los estudiantes que escuchan de manera activa, hablan de forma reflexiva, miran con la atención centrada en algo particular y escriben con un fin determinado, entre otras. (Schwartz y Polishuke, 1995)

Relacional: porque les permite a los estudiantes comparar y adquirir información utilizando más de una modalidad sensorial. (Morgado Bernal, 2005)

Motivante: por el interés que tiene el estudiante por su propio aprendizaje o por las actividades que le conducen a él, y que está compuesta de necesidades, deseos, tensiones, incomodidades y expectativas, entre otras. (Herrera Soria y Zamora Guevara, 2014)

Conclusiones

Las apps educativas y gratuitas etiquetadas como *Chem Calc - Equation Balancer & Element Dictionary* y *Chemical Equation Balance* en Play Store fueron consideradas por las docentes como herramientas didácticas útiles para afianzar el aprendizaje y mejorar la comprensión del tema balanceo de reacciones químicas. Además de esto, los estudiantes las consideran como herramientas prácticas para obtener los coeficientes de balanceo de una reacción química de forma rápida y veraz. El uso de las mismas, fomentó la realización de ejercicios de balanceo, así como una autoevaluación eficiente por parte de los estudiantes. También, les permitió, conocer otros detalles como los pesos atómicos y moleculares de las sustancias que intervienen en una reacción química, el tipo de reacción que ocurre e identificar qué sustancias son las que participan como reactivos químicos y cuáles como productos de reacción, entre otros detalles.

En términos generales, se puede concluir que la explicación previa de una temática particular por parte del docente es fundamental para lograr un primer acercamiento y un conocimiento inicial del tema por parte del estudiante. Además, se debe tener en cuenta que el proceso de selección de herramientas como aplicaciones móviles debe ser planeado y realizado en primera instancia por los docentes, quienes son capaces de identificar las ventajas y desventajas que ofrece cada una de ellas en relación con el objetivo que se quiere que cumplan en el proceso de enseñanza/aprendizaje de una temática particular.

Que sigue...

Existen factores que pueden afectar los resultados y que no se pueden medir con exactitud, como: 1) la falta de dispositivos móviles que permitan la descarga de aplicaciones por parte de algunos estudiantes, 2) limitaciones en el acceso a internet móvil, 3) rechazo de los estudiantes por considerar la química como una asignatura difícil de comprender, con un gran componente memorístico y una falta de relación entre el contenido propio de la asignatura y la realidad, y 4) actitudes hacia la clase.

Sin embargo, esta investigación puede ser una herramienta útil para todos aquellos docentes de química que deseen complementar sus explicaciones de aula relacionadas con el tema de balanceo de reacciones químicas con aplicaciones educativas. También, puede ser una base para realizar estudios posteriores en los que se evalúe: 1) el grado de dificultad que los estudiantes consideran que tiene el tema de balanceo de reacciones químicas antes y después del uso de las aplicaciones, 2) el grado de confianza que brindan las aplicaciones a los estudiantes para corroborar los ejercicios de balanceo que realicen manualmente, 3) la capacidad de los estudiantes para hacer una búsqueda voluntaria de aplicaciones relacionadas con el tema de balanceo y evaluarlas por sí mismos, sin necesidad de que el docente sugiera las aplicaciones que deben evaluar, y 4) el uso de otras herramientas tecnológicas y dispositivos electrónicos, en los que tanto docentes como alumnos hagan su propia búsqueda y seleccionen las que consideren útiles para afianzar conocimientos o corroborar ejercicios de otras temáticas químicas.

Agradecimientos

Al proyecto FODEIN 2110503 y al Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Santo Tomás, estudiantes de primer semestre de los programas de Ingeniería Industrial, Civil, Electrónica y estudiantes de segundo semestre del programa de Ingeniería Ambiental en 2021 y 2022.

Referencias

- Chacón, J., y Martínez, N. (2016). *Reacciones Químicas: Una propuesta de trabajo práctico desde la resolución de problemas*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. Obtenido de <http://upnlib.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/284/TO-19929.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cháves, M., Adolfo, R., Ramos-Rendón, M., y Sánchez-Vázquez, R. (2021). Apps como herramientas digitales en la enseñanza de nomenclatura inorgánica. *Educación Química*, 32(4), 180-190. doi:<http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.80005>
- Couoh-Novelo, M. A. (2022). Evaluación de usabilidad en herramientas de aprendizaje colaborativo en dispositivos móviles para ambientes virtuales educativos. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, 1-18. doi:<https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.931>
- Fernández Álvarez, D. (2012). *Una metodología para la evaluación de software educativo*. Obtenido de Tesis de doctorado: https://www.researchgate.net/publication/345640365_Metodologia_para_evaluar_software_educativo
- Herrera Soria, J., y Zamora Guevara, N. (2014). ¿Sabemos realmente que es la motivación? *Correo Científico Médico*, 126-128. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812014000100017
- Morgado Bernal, I. (2005). Psicobiología del aprendizaje y la memoria. CIC. *Cuadernos de Información y Comunicación*, 221-233. <https://revistas.ucm.es/index.php/CIYC/article/view/CIYC0505110221A>

- Pinto, J. R. (Junio de 2009). El aprendizaje guiado y las nuevas tecnologías. *Innovación y experiencias educativas*(N°19). https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_19/JUAN_REINA_2.pdf
- Schwartz, S., y Pollishuke, M. (1995). Aprendizaje activo. Una organización de la clase centrada en el alumnado. Madrid: Narcea S.A. de ediciones.
- Iso25000.com. (2021). *ISO/IEC 25000*. Recuperado el 28 de enero de 2022, de Calidad de Software y Datos: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25040>
- Manivel-Chávez, A., Ramos-Rendón, M., y Sánchez-Vázquez, R. (2021). Apps como herramientas digitales en la enseñanza de la nomenclatura inorgánica. *Educación Química*, 180-190. doi:<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.80005>
- Morales, J. C. (2020). Uso de aplicativos móviles en el aula y sus factores determinantes. *Formación universitaria*, 13(6), 13-22. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000600013>
- Nesbit, J., Belfer, K., y Vargo, J. (2002). A Convergent Participation Model for Evaluation of Learning Objects. *Canadian Journal of Learning and Technology / La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie.*, 28(3), 105-120. doi:[10.21432/T25C8C](https://doi.org/10.21432/T25C8C)
- Net-Learning. (13 de 10 de 2018). *Net-Learning. Soluciones para E-learning*. Recuperado el 27 de 02 de 2022, de <https://www.net-learning.com.ar/blog/herramientas/guia-para-evaluar-la-calidad-de-las-apps-moviles-educativas.html>
- Otamendi, A., Belfer, K., Nesbit, J., y Leacock, T. (31 de julio de 2018). *Instrumento Para La Evaluación De Objetos De Aprendizaje (LORI-ESP). Manual del usuario*. Recuperado el 27 de enero de 2022, de Doc.Mx: <https://xdoc.mx/documents/instrumento-para-la-evaluacion-de-objetos-de-aprendizaje-5f910620ee351>
- Regalado-Méndez, A. D.-V.-L.-R. (2014). Balanceo de ecuaciones químicas integrando las asignaturas de química general, algebra lineal y computación: un enfoque de aprendizaje activo. *Formación universitaria*, 7(2), 29-40. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062014000200005>
- Reyes-C, F., y Garriz, A. (2006). Conocimiento pedagógico del concepto de “reacción química” en profesores universitarios mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(31), 1175-1205. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/140/14003105.pdf>
- Seferian, A. E. (2010). Situaciones problemáticas de Química diseñadas como pequeñas investigaciones en la escuela secundaria desde un encuadre heurístico a partir de una situación fortuita que involucra reacciones ácido-base. *Educación química*, 21(3), 254-259. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000300011
- Villalonga Gómez, C., y Marta-Lazo, C. (2015). Modelo de integración educomunicativa de ‘apps’ móviles para la enseñanza y aprendizaje. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 137-153. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/368/36832959014.pdf>